UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

MENSURAÇÃO DO CUSTO SOCIAL SUBJACENTE À ATUAL FROTA AUTÔNOMA DE CAMINHÕES DA AGROPECUÁRIA NACIONAL

ALUNO: ENG. RODRIGO DANIEL CAUDULLO RONCHI

ORIENTADOR: PROF. PH.D, CARLOS HENRIQUE MARQUES DA ROCHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA/DF - MARÇO DE 2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

MENSURAÇÃO DO CUSTO SOCIAL SUBJACENTE À ATUAL FROTA AUTÔNOMA DE CAMINHÕES DA AGROPECUÁRIA NACIONAL

RODRIGO DANIEL CAUDULLO RONCHI

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TRANSPORTES.

APROVADA POR:

_____

Prof. Carlos Henrique Rocha, Ph.D (UnB - FUP)
(Orientador)

_____

Prof. José Augusto Abreu Sá Fortes, Ph.D (UnB - PPGT)
(Examinador Interno)

_____

Prof. Luiz Guilherme de Oliveira, Dr. (UnB - FUP)
(Examinador Externo)

FICHA CATALOGRÁFICA

RONCHI, RODRIGO DANIEL CAUDULLO
Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional./Rodrigo Daniel Caudullo Ronchi – Brasília, 2011.

xvii, 126p., 210x297mm. (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2011).

Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2011.

Área: Transportes
Orientador: Prof. Carlos Henrique Rocha, Ph.D

1. Transporte Rodoviário de Carga
2. Transportadores Autônomos
3. Renovação da Frota
4. Mensuração das externalidades negativas (custo social)

I. ENC/FT/UnB II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RONCHI, R. D. C. (2011). Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM – 003A/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 126p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Rodrigo Daniel Caudullo Ronchi.
TÍTULO: Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional.
GRAU: Mestre ANO: 2011

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do mesmo.

_____
Rodrigo Daniel Caudullo Ronchi
SHC/Norte CL Quadra 207 Bl. C Apto. 107 Asa Norte
70.852-530 Brasília – DF – Brasil.

Dedicatória

Dedico este trabalho:

A Deus, por tudo que sou.
A minha família pelo apoio, amor, compreensão e paciência demonstrados durante esta etapa acadêmica, profissional e pessoal vencida da minha vida.
Aos meus amigos, que sempre estão.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein.

Agradecimentos

Foram dois anos de constante enriquecimento pessoal, profissional e acadêmico, uma experiência única de vida que dificilmente seja esquecida, atingindo um sonho almejado durante vários anos com muito esforço e dedicação absoluta. Quero e devo agradecer:

Agradeço a Deus pela força para eu sempre seguir em frente.

A minha família (pais, irmão, avós, tia e prima), pelo apoio incondicional, amor, compreensão, solidariedade e paciência demonstrados durante esta etapa vencida da minha vida. Os quais, a pesar dos quase três mil quilômetros de distância, através da sua dedicação e sacrifício diário, me ensinaram a ter garra e determinação em todo momento, força e motivação para superar as dificuldades e tornar um sonho e grande desafio em realidade.

Aos amigos de Montevidéu e Dolores, que sempre estiveram presentes apesar da distância. Aos amigos brasileiros e colombianos por terem me acolhido num momento crucial ao chegar a Brasília e por ser minha companhia incondicional durante esses dois anos. Uma atitude nobre que espero algum dia possa retribuir toda aquela atenção à minha pessoa, amizade e lealdade. Eles também são responsáveis por esta realização.

Ao Professor Carlos Henrique Rocha por ter acreditado em mim, pela orientação e paciência, pelos ensinamentos e conselhos, pelo conhecimento e experiências compartilhadas e porque sempre esteve a disposição, gerando confiança no trabalho de pesquisa e na equipe montada junto com a mestranda Graziele Araujo Moura e a graduanda Daylyne Maerla Gomes Lima Sandoval. Devo reconhecer que desde o primeiro momento me senti totalmente apoiado pelo grupo e pelo meu orientador tornando possível o desenvolvimento e conclusão da dissertação.

Aos Professores José Augusto Abreu Sá Fortes e Luiz Guilherme de Oliveira por terem aceitado o convite para participar da banca e por ter participado das bancas preliminares, sempre auxiliando na elaboração de um trabalho melhor através das suas contribuições.

Um agradecimento especial ao Prof. Pastor Willy Gonzales Taco quem foi aquele que dois anos atrás aceitava minha solicitude de admissão, pela dedicação integral ao programa, permanente atenção aos alunos, total predisposição e exemplo de perseverança, transmitindo a tranqüilidade necessária em momentos difíceis.

Aos colegas do mestrado e do doutorado das diferentes turmas do programa que conheci durante o tempo que estive presente no SG12, os quais prefiro não nomear para não ser injusto com aqueles que possa eventualmente esquecer, pelo companheirismo e amizade, pelo incentivo e pelos momentos compartilhados tanto no programa quanto nos congressos e outros encontros - reuniões.

À equipe do Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT e Universidade de Brasília, professores, colaboradores e ajudantes, pela instrução e oportunidade de crescimento intelectual e formação profissional – acadêmica na área de engenharia civil e de transportes.

Aos professores da Universidade da República (UdelaR, no Uruguai), em especial ao Prof. Carlos Chiocconi e ao Prof. Rodrigo Alvarez por ter me apoiado e colaborado desde o começo com a possibilidade de realizar um mestrado em Engenharia em Transportes no Brasil.

Um agradecimento especial ao Júlio Duarte, ex-secretário do PPGT, que desde aquele primeiro dia que cheguei ao programa, sempre me ajudou em questões administrativas do mestrado, correndo atrás da papelada além das descontraídas e engraçadas conversas de corredor sempre focalizadas no mesmo assunto, futebol. Também agradecer à atual secretária do programa Lucinete Pereira e ao ajudante Adilson Fernandes, os quais também souberam colaborar.

À CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro durante os últimos dois anos e permitir a minha estadia em Brasília, pela oportunidade de desenvolver um trabalho científico de mestrado no Brasil e pelo seu grande incentivo à pesquisa.

E finalmente a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a elaboração desta dissertação.

Resumo

Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional.

Este trabalho é uma contribuição à análise empírica das externalidades negativas do transporte rodoviário de cargas no Brasil. Estima-se em termos aproximados os custos sociais (externalidades negativas) provocados pela atual frota brasileira autônoma de caminhões. A ênfase é na mensuração das externalidades (a) ambientais, especialmente, a poluição do ar, (b) de acidentes nas estradas e (c) do valor do frete cobrado. Assume-se que a idade média da frota seja de 23 anos, conforme demonstrado em estudos anteriores.

A queda no poder aquisitivo do motorista autônomo mais a falta de planos e incentivos que atendam seu perfil econômico contribuíram para o conhecido cenário atual, que mostra uma frota envelhecida, poluidora e menos segura.

O resultado disso é que perdem (a) os proprietários dos caminhões porque os custos de operação e manutenção aumentam, (b) os proprietários da carga porque as mercadorias tornam-se menos competitiva em termos de preços e, finalmente, (c) perde a população em geral porque aumenta a poluição do ar e a probabilidade de acidentes e congestionamentos nas estradas e, mais, porque diminui o poder de compra da renda.

No cálculo das externalidades negativas no frete foram escolhidas três mercadorias agropecuárias; soja em grão cultivada no Mato Grosso e levada ao Porto de Santos, café em sacas produzido em Minas Gerais e exportado pelo Porto de Santos e boi em pé criado no sudoeste do Pará e transportado até o Porto Vila do Conde, em Barcarena, a 40 quilômetros de Belém no Pará. A partir delas foi calculado o custo de capital, operação e manutenção da frota autônoma de caminhões encarregada do transporte através da formulação empírica de estudos anteriores. A respeito dos custos sociais dos acidentes nas estradas foi utilizado o método do valor presente dos rendimentos perdidos unicamente com as vítimas fatais envolvidas. E finalmente no caso da poluição ambiental foi utilizado o método dos custos evitados (gastos preventivos).

O custo social total anual da externalidade subjacente à atual frota autônoma de caminhões é de pelo menos R$ 9.611,09 por caminhão/ano, correspondente a 5% do preço de um caminhão novo não-poluidor com tecnologia embarcada. Se fossem considerados os custos totais dos acidentes e o valor anual médio de quilômetros percorridos por caminhão, a externalidade total pode atingir valores bem superiores. Nesse caso atingir-se-ia um custo social total de aproximadamente 12% do preço do caminhão novo não poluidor com tecnologia embarcada (R$ 23.200,83 por caminhão/ano). Cabe ressaltar que os custos dos congestionamentos nas estradas não foram considerados nos cálculos feitos, portanto pode-se atingir até 20%, correspondendo à 1/5 do preço de caminhão novo não-poluidor com tecnologia embarcada.

Palavras chaves: Frota autônoma de caminhões. Mensuração de externalidades negativas.

ABSTRACT

Measuring the social costs caused by the current Brazilian autonomous fleet of trucks.

This work is a contribution to the empirical analysis of the negative externalities of highway freight transportation in Brazil. Estimates approximately the social costs (externalities) caused by the current Brazilian autonomous fleet of trucks. The emphasis of this study is the measurement (a) of environmental externalities especially, air pollution, (b) of road accidents and (c) the freight amount paid. It is assumed that the average fleet age of those carriers is 23 years, as shown in previous studies.

Fall in the purchasing power of the autonomous carriers plus the lack of plans and incentives adapted to those economics profiles, contributed to the known current stage, which shows an aging fleet, polluting and less secure.

The consequences of that scene are (a) the owners of the trucks lose because the cost of operation and maintenance increase, (b) the owners of the transported products lose because the goods become less competitive in price and, finally, (c) population lose because it increases air pollution and risk of having accidents and continued bottlenecks, and more, because it reduces the purchasing power of income.

In order to calculate the freight amount paid, were selected three different agricultural commodities, soybeans from Mato Grosso transported to the port of Santos in São Paulo, coffee produced in Minas Gerais and transported to the Port of Santos and live cattle raised in southwestern Pará and transported to the Port Vila do Conde, in Barcarena, 40 kilometers far from Belém of Pará. Through the empirical formula of previous studies, was calculated the cost of capital, operating and maintenance of the current fleet autonomous of trucks which charged those products. The social costs of road crashes was calculated using the present value of loss income only in case of accidents dead involved. And finally for calculating the social cost of environmental pollution, was used the method of avoided costs (prevention expenditures).

The social cost due to the current Brazilian autonomous fleet of trucks is at least R$ 9.611,09 per truck per year. This cost is equivalent to 5% of the price of a new non-polluting truck with embedded technology. It even can reach values well above, if considering all costs involved in traffic accidents and average miles traveled by truck during one year; corresponding to approximately 12% of new non-polluting truck loaded with technology (R$ 23.200,83 per truck per year). In all these cases, the cost of traffic bottlenecks were not considered, so can be reached up to 20%, corresponding to 1/5 the price of new non-polluting trucks with embedded technology.

Keywords: Autonomous fleet of trucks. Measurement of negatives externalities.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA 18

1.2 HIPÓTESE 18

1.3 JUSTIFICATIVA 18

1.4 OBJETIVO 20

1.5 METODOLOGÍA 21

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 22

2.1 EXTERNALIDADES 22

2.1.1 Características das externalidades e definição de bem público 24

2.1.2 Teoria aplicada à análise das externalidades 25

2.1.3 Fontes de externalidades 28

2.1.4 Controle das externalidades 29

2.2 EXTERNALIDADES DO FRETE, DOS ACIDENTES NAS ESTRADAS E DA POLUIÇÃO AMBIENTAL 33

2.2.1 Custo social da frota de transporte 33

2.2.2 Externalidade: Custo do Frete 34

2.2.3 Externalidade: Custos de acidentes nas estradas 36

2.2.4 Externalidades ambientais da atividade econômica 38

2.2.4.1 Controle do meio ambiente 39

2.2.4.2 Custos e benefícios externos 40

2.2.4.3 Ótimo de Pareto 42

2.2.4.4 A tragédia dos comuns 42

2.2.4.5 Internalização dos custos ambientais 43

2.2.4.6 Externalidades positivas 44

2.2.4.7 Poluição Ótima 45

2.2.4.8 Direitos de Propriedade 45

2.2.4.9 Taxa Pigouviana 45

2.2.4.10 O Teorema de Coase 45

2.2.4.11 Limitações do Teorema de Coase 46

2.2.4.12 Direitos X Impostos 47

2.2.4.13 Objeções à análise econômica da poluição 48

2.2.5 Revisão das correntes metodológicas econômicas neoclassistas e institucionalista-ecológicas e a respectiva valoração ambiental das externalidades. 49

2.2.5.1 Valoração ambiental na economia neoclássica 49

2.2.5.2 Valoração ambiental na perspectiva institucionalista-ecológica 50

2.2.5.3 Comparação da valoração ambiental nos enfoques neoclássico e institucionalista-ecológico. 50

2.2.6 Mensuração das externalidades: valoração econômica e compensação ambiental. 51

2.2.6.1 Método de Valoração Contingente (MVC) 57

2.2.6.2 Método de Preços Hedônicos (MPH) 57

2.2.6.3 Método Dose-Resposta (MDR) 58

2.2.6.4 Método Custo de Reposição (MCR) 59

2.2.6.5 Método de Custos Evitados (MCE) 60

2.2.6.6 Método de Custos de Oportunidade (MCO) 60

3 ANÁLISE EMPÍRICA _____ *62*

3.1 INTRODUÇÃO À MENSURAÇÃO DA EXTERNALIDADE DO FRETE _____ 62

3.1.1 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de soja do Mato Grosso (MT) até o porto de Santos – SP _____ 65

3.1.1.1 Soja em grão: um panorama _____ 65

3.1.1.2 Rota da soja: Mato Grosso – Porto de Santos _____ 67

3.1.1.3 Cálculo da antieconomia: soja de Mato Grosso – Porto de Santos _____ 69

3.1.2 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de café de Minas Gerais (MG) até o porto de Santos – SP. _____ 72

3.1.2.1 Café em sacas: um panorama _____ 72

3.1.2.2 Café com padrão internacional e centros de excelência _____ 74

3.1.2.3 Logística do café mineiro _____ 74

3.1.2.4 Rota do café mineiro _____ 75

3.1.2.5 Cálculo da antieconomia: café de Minas Gerais – Porto de Santos _____ 77

3.1.3 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de boi em pé do Pará (PA) até o porto de Vila do Conde, Barcarena – PA. 82

3.1.3.1 Boi em pé: um panorama _____ 82

3.1.3.2 Desvantagens das exportações de bovinos em pé _____ 84

3.1.3.3 Polêmica no Pará _____ 86

3.1.3.4 Vantagens das exportações de bovinos em pé _____ 86

3.1.3.5 Rota do escoamento dos bovinos vivos (boi em pé) _____ 87

3.1.3.6 Cálculo da antieconomia: caminhão do boi (caminhão gaiola) _____ 88

3.1.4 Considerações finais da análise empírica das três mercadorias agropecuárias. _____ 91

3.2 MENSURAÇÃO DAS EXTERNALIDADES DOS ACIDENTES NAS ESTRADAS _____ 93

3.2.1.1 Estrutura Básica da Função de Custos dos Acidentes _____ 95

3.2.1.2 Aspectos metodológicos do cálculo _____ 99

3.2.1.3 Aplicação da Metodologia Proposta _____ 102

3.2.2 Comentários referentes aos custos dos acidentes nas estradas envolvendo caminhões. 104

3.3 MENSURAÇÃO DA EXTERNALIDADE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL _____ 106

3.3.1.1 Evolução dos caminhões: marcas e modelos _____ 106

3.3.1.2 Mudanças na legislação nacional _____ 108

3.3.1.3 Mudanças no chassi, pneus, tanques de combustíveis e amortecedores _____ 108

3.3.1.4 Evolução dos motores e tecnologias embarcadas _____ 109

3.3.1.5 Benefícios esperados _____ 112

3.3.1.6 Teoria aplicada da externalidade da poluição ambiental (atmosférica) _____ 112

3.3.1.7 Escolha dos caminhões tipo para o cálculo _____ 114

3.3.1.8 Cálculo da externalidade negativa da poluição ambiental _____ 115

4 CONCLUSÕES _____ *118*

5 BIBLIOGRAFIA _____ *121*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Participação Exportações e Importações de Produtos Agropecuários no Total. 17

Tabela 2. Idade Média da Frota. 19

Tabela 3. Métodos para valoração monetária do meio ambiente. 55

Tabela 4. Classificação das técnicas de valoração de custos e benefícios para avaliar as conseqüências sobre a qualidade ambiental. 55

Tabela 5. Classificação dos Métodos de Valoração Monetária. 56

Tabela 6. Resumo esquemático das mercadorias agropecuárias escolhidas. 64

Tabela 7. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso da soja. 71

Tabela 8. Resumo Guaxupé – Varginha – Santos. 78

Tabela 9. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso do café. 81

Tabela 10. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso do boi em pé. 90

Tabela 11. Resumo esquemático dos cálculos feitos apartir das três mercadorias escolhidas. 92

Tabela 12. Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais 94

Tabela 13. Vítimas de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais 94

Tabela 14. Categorias da carteira de motorista. 102

Tabela 15. Simulação valor presente dos rendimentos perdidos. 103

Tabela 16. Percentual de depreciação de um caminhão. 113

Tabela 17. Série histórica de preços de venda. 115

Tabela 18. Produção de Caminhões no Brasil. Série Histórica. 116

Tabela 19. Comparação preços correntes. 116

Tabela 20. Externalidade negativa da poluição. 117

Tabela 21. Custo total anual da externalidade por caminhão, em reais. 119

Tabela 22. Custo total anual da externalidade por caminhão, em reais. 120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Custo de reduzir a poluição, Curva CMR. _____ 29

Figura 2. Nível aceitável de poluição. Curvas CMR e CMP. _____ 30

Figura 3. Custo de capital, operação e manutenção x tempo._____ 34

Figura 4 - Relação entre Idade e Custo Marginal. _____ 35

Figura 5. Mercado de automóveis com custos externos. _____ 41

Figura 6. Mercado de automóveis com taxa de poluição. _____ 43

Figura 7. Uma externalidade positiva. _____ 44

Figura 8. Direitos de poluição transacionáveis X Imposto Pigoviano. _____ 48

Figura 9. Mundo - evolução da demanda por soja em grão (milhões de t). _____ 65

Figura 10: Rotas de escoamento da soja no território nacional. _____ 69

Figura 11. Ilustrativa Minas Gerais, pto. 1 Guaxupé e pto. 2 Varginha._____ 78

Figura 12.Percentagem de Acidentes de Trânsito por Região. _____ 95

Figura 13. Classificação dos Custos de Perda de Produção._____ 99

LISTA DE SIGLAS

ABEG – Associação Brasileira dos Exportadores de Gado em Pé
ABIEC – Associação Brasileira da Indústria Exportadora de Carne
ABF – Associação Brasileira de Frigoríficos
ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABTC – Associação Brasileira dos Transportadores de Cargas
ADEPARÁ – Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará
ADIN – Ação Direta de Inconstitucionalidade
ALL – América Latina Logística
ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP – Agência Nacional de Petróleo
ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos
ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre
ARLA – Agente Redutor Líquido Automotivo
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CMR – Custo de reduzir a poluição
CECAFE – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil
CEFTRU – Centro interdisciplinar de estudos em Transportes
CCCMG – Centro de Comércio de Café de Minas Gerais
CMP – Custo marginal de ter poluição
CNT – Confederação Nacional do Transporte
CO – Monóxido de carbono
CO2 – Dióxido de carbono
COM – Custo de capital, operação e manutenção
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COOPEAD – Instituto de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração de Rio de Janeiro.
COOXUPÉ – Cooperativa cafeeira de Guaxupé (MG)
CTB – Código de Trânsito Brasileiro
EADI – Estação aduaneira do interior
EGR – Recirculação dos gases de escape
DAC – Disposição a receber compensação
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
DAP – Disposição-a-pagar
DETRAN – Departamento de Trânsito
DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre
DPRF – Departamento de Polícia Rodoviária Federal
DPVAT – Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre
EUA – Estados Unidos Americanos
FAEPA – Federação da Agricultura no Estado do Pará
FAMASUL – Federação da Agricultura do Mato Grosso do Sul
FEPASA – Fepasa Trens
FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
FNP – Instituto de agricultura do MT
HC – Hidrocarbonetos
H_2O – Água

HP – Horse Power (cavalos de força)
GE – General Electric
GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte
GTA – Guia de Trânsito de Animal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IML – Instituto Médico Legal
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
Km – Quilômetro
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MB – Mercedes Benz
MCE – Método de Custos Evitados
MCO – Método Custo de Oportunidade
MCR – Método Custo de Reposição
MCV – Método dos custos de viagem
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
MDR – Método dose-resposta (MDR)
MG – Minas Gerais
MIL – Malfunction Indication Lamp
MINASUL – Cooperativa cafeeira de Varginha (MG)
MPH – Método de preços hedônicos
MRS – MRS Trens
MT – Mato Grosso
MVC – Método de valoração contingente
NOx – Óxidos de nitrogênio
NTC & LOGÍSTICA – Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística
OBD – Diagnóstico eletrônico de eventos
OMS – Organização Mundial da Saúde
OMSA – Organização Mundial de Saúde Animal
ONG – Organização não governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
PA – Pará
PBTC – Peso Bruto Total Combinado
PIB – Produto Interno Bruto
PNL – Produto Nacional Líquido
ppm – Partes por milhão
Proconve – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
RFFSA – Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima
RJ – Rio de Janeiro
RNTRC – Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas
RS – Rio Grande do Sul
S – Enxofre
SCR – Redução catalítica selectiva
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SO2 – Dióxido de enxofre
SP – São Paulo
t – Tonelada
TAC – Transportadores Autônomos de Carga
TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TIR – Taxa interna de retorno
TKU – Tonelada Quilômetro Útil
TRC – Transporte Rodoviário de Carga
UE – União Europeia
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIEC – União das Indústrias Exportadoras de Carne do Estado do Pará
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
VET – Valor econômico total
VPL – Valor presente líquido
VW – Volkswagen
WSPA – World Society for the Protection of Animals

1 INTRODUÇÃO

O transporte de carga é um serviço fundamental na cadeia de produção e distribuição de bens industriais e agrícolas, desempenhando um papel fundamental na logística de produção agropecuária. Conforme o último boletim estatístico referente ao ano passado publicado pela Confederação Nacional do Transporte, CNT, o transporte rodoviário de carga respondeu por 61,1% do total das cargas movimentadas, o que faz do transporte rodoviário no país um fator determinante da eficiência e da produtividade sistêmica da economia nacional.

A concentração no modal rodoviário, é portanto, uma das características principais do transporte de carga no Brasil e, em geral, atribuída à opção do governo pelo investimento prioritário em rodovias nas décadas de 1950 a 1970, período de implantação da indústria automobilística no país e da mudança da capital para a Região Centro-Oeste (Goldenstein, Alves e Azevedo, 2006), (Schroeder e Castro, 1996). Consolidada, essa matriz pouco se alterou nas décadas seguintes.

O volume de carga transportado por rodovias cresceu 18,6% em 2005 e 18,4% em 2006, bem acima do crescimento observado em outros modais: o crescimento do volume total de carga transportada nesses dois anos foi de 17,1% e 7,9% respectivamente (Boletim Estatístico CNT, 2007). Os resultados financeiros das empresas também melhoraram, os dados de balanço compilados pela revista Transporte Moderno, no ano 2007, mostram que a participação das empresas lucrativas aumentou de 74,1% para 80,0%, de 2005 para 2006. O bom desempenho tem como principais fatores explicativos a expansão da safra agrícola, o aumento da produção industrial e da construção civil e o crescimento da corrente de comércio.

O transporte em caminhão é essencial no escoamento da safra, que está tendo um crescimento praticamente ininterrupto desde o início da década. Até setembro de 2009 as exportações e importações de produtos agropecuários e industrializados somaram mais de 156 milhões de toneladas. A maior parte destas mercadorias foi transportada até os portos através das rodovias. As exportações de produtos agropecuários e industriais correspondem a 77,4% das exportações brasileiras. O serviço prestado pelos transportadores de carga se constitui numa importante atividade dentro da econômica brasileira.

Tabela 1. Participação Exportações e Importações de Produtos Agropecuários no Total.

Ano	Exportação Total		Produtos Agropecuários e Industrializados	
	Peso (Mil Ton.)	Valor (U$ Milhões)	Peso (Mil Ton.)	Valor (U$ Milhões)
2007	463.333	182.009	152.943	144.239
2008	471.158	232.726	147.005	178.591
2009*	341.507	135.542	115.456	104.857
Ano	Importação Total		Produtos Agropecuários e Industrializados	
	Peso (Mil Ton.)	Valor (U$ Mil)	Peso (Mil Ton.)	Valor (U$ Milhões)
2007	118.950	120.617	66.667	90.218
2008	124.493	172.978	70.440	129.789
2009*	75.025	90.527	41.766	69.724

Fonte: MDIC. (2009). OBS: No ano de 2009 os valores compreendem o período de janeiro a setembro.

Diante desse prognóstico, as perspectivas do transporte rodoviário de carga são promissoras. A demanda continuará firme e deverá ser atendida com facilidade pela capacidade de oferta atual. Essa oferta de transporte de cargas é realizada historicamente pelos transportadores autônomos, também conhecidos como caminhoneiros. Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, ano 2008, a frota de caminhões no Brasil está em 1.666.710 veículos, dos quais 57,0% eram operados por autônomos, 42,5% por empresas e 0,5% por cooperativas de transportadores. Mais de metade da frota era formada por caminhões simples (57%) com carroceria aberta (52%), próprios para o transporte de carga seca não-específica. A idade média do veículo era de 16,8 anos, mas havia diferenças pronunciadas entre a frota dos autônomos, das empresas e das cooperativas.

A frota das empresas é mais diversificada e consideravelmente mais jovem. O tipo de veículo preponderante continua sendo o caminhão simples (42%), mas os semi-reboques (29%) e os caminhões-tratores (21%) também são freqüentes. O tipo de carroceria se distribui entre aberta (37%), fechada (24%), tanque (9%) e outros. Quase metade das empresas (47%) opera com um veículo e outras 37% têm de dois a cinco caminhões. A idade média da frota é de 10,7 anos (Arruda e Rocha, 2009).

A frota dos autônomos, muito mais concentrada do que a das empresas, é composta, majoritariamente, por caminhões simples (68%) com carroceria aberta (63%). O transportador autônomo dispõe, em geral, de um caminhão (82% dos autônomos registrados) e a idade média da frota é de 21,5 anos (Arruda e Rocha, 2009). Embora operem com menos de metade dos veículos, as empresas detêm a frota mais moderna e com maior capacidade de carga, em tipo e volume, e estima-se que, atualmente, já transportem maior quantidade de carga do que os autônomos (Goldenstein, Alves e Azevedo, 2006).

A situação das cooperativas é intermediária, mais próxima das empresas que dos autônomos, dispõem de uma frota mais nova e mais diversificada que a dos caminhoneiros autônomos. As cooperativas têm pouco mais de oito mil caminhões. Os caminhões simples são maioria, tal como entre os caminhoneiros, mas a participação de caminhões-tratores e semi-reboques também é elevada.

De fato, a frota das cooperativas se distribui entre esses três tipos de veículos de forma muito mais homogênea, o que lhes possibilita oferecer um transporte de carga mais diversificado. A idade média dos veículos das cooperativas é de 13 anos: apenas dois anos superior à da frota das empresas e oito anos inferior à idade média dos veículos dos caminhoneiros. Essa é uma das diferenças mais flagrantes entre os dois grupos de transportadores. A participação de veículos arrendados, significativamente maior nas cooperativas, tende a contribuir para esse resultado.

Definindo-se a idade econômica como sendo função dos custos de capital, dos custos de manutenção e de operação (Souza e Clemente, 2009), pode-se afirmar que a atual frota de transportadores autônomos encontra-se com idade muito acima da idade econômica (Lopes, et. al., 2008).

Reconhecendo o estado da atual frota brasileira de caminhões, e por conseguinte a idade relativamente avançada da mesma, implica na necessidade de sua renovação, gerando um custo social elevado (externalidades negativas excessivas) com perdas significativas ao bem-estar da coletividade, composto pelo aumento do custo do frete (envolvendo custos de congestionamentos nas estradas, de recuperação e manutenção do caminhão e o aumento do tempo de viagem), aumento dos custos ambientais, e finalizando o aumento das perdas de vidas humanas envolvidas nos acidentes de trânsito. Tendo em consideração o anterior, este trabalho pretende mensurar dito custo social, aquele subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema a ser desenvolvido nesta pesquisa consiste em responder a seguinte pergunta: a atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional gera externalidades negativas para a sociedade?

1.2 HIPÓTESE

Do ponto de vista sócio-econômico, a atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional produz custo para a sociedade.

1.3 JUSTIFICATIVA

Historicamente o serviço de transporte rodoviário de carga agropecuária é realizado pelos transportadores autônomos, também conhecidos como caminhoneiros, tendo uma participação de 62% segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, ano 2009. Entretanto os transportadores autônomos têm enfrentado problemas com a sua frota de caminhões, a qual possui idade média de 22 anos, muito acima da idade

econômica (Arruda e Rocha, 2009). Devido à alta informalidade neste segmento do transporte, os autônomos enfrentam problemas de acesso ao crédito bancário para renovação da sua frota. Os altos custos de manutenção de uma frota com idade média acima da idade econômica podem levar alguns transportadores autônomos a abandonar o mercado, e com isso comprometer a capacidade de escoamento da produção brasileira.

Tabela 2. Idade Média da Frota.

Transportadores	Autônomos	Empresa	Cooperativas	Total
Quantidade de Caminhões	950.481	708.103	8.126	1.513.559
% Caminhões Simples	68,3	42,2	38,5	57,0
% Caminhões Trator	11,0	21,0	24,9	15,0
% Reboque	8,6	28,6	30,8	17,0
% Demais Tipos [a]	12,1	8,2	5,8	11,0
Idade Média em Anos	21,5	10,7	12,9	15,5

Fonte: Lopes, Cardoso & Picinni (2006). [a] Semi- Reboque, Furgão e Caminhonete e Veículos de Apoio Operacional.

Nos últimos anos têm aumentado a participação das empresas privadas, as quais possuem uma frota mais diversificada e 10 anos mais moderna (Tabela 2). As firmas transportadoras não têm enfrentado dificuldades em obter crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento, BNDES, para renovação de sua frota, o que não ocorre no caso dos transportadores autônomos (Lopes, Cardoso & Picinni, 2008). Apesar da iminência das empresas transportadoras, os autônomos ainda detêm grande importância econômica no mercado interno. Eles representam mais da metade da frota de caminhões no Brasil e respondem por uma importante fração do transporte de cargas agropecuária.

A idade relativamente avançada da frota brasileira de caminhões implica na necessidade de sua renovação. Segundo base de dados do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga – RNTRC, ano 2009, pode verificar que a idade média da frota autônoma de caminhões é de 23 anos, passando amplamente e infelizmente dos oito anos (vida econômica segundo Arruda, 2010).

Portanto, reconhecendo o estado da atual frota brasileira de caminhões, o governo federal lançou o MODERCARGA-BNDES em 2004. O programa fracassou porque foi cobrado um alto custo pelo dinheiro emprestado e porque foram exigidas elevadas garantias conversíveis em dinheiro que assegurassem a liquidação do empréstimo. No mês de julho do ano passado (2009), o governo lançou o programa PROCAMINHNEIROS, com os mesmos vícios do programa anterior (Arruda e Rocha, 2009).

Considerando que a atual frota brasileira de caminhões provoca perdas ao bem-estar da coletividade gerando externalidades negativas de grave e

irreversível impacto e dada a sua relevância para a economia nacional parece razoável abordar a renovação da frota por meio da ótica da análise social de projetos.

O interesse de avaliar os custos sociais e as externalidades negativas do transporte, em geral, vem crescendo de forma significativa, nas últimas décadas, atendendo ao reclame da sociedade por políticas mais eficazes de controle dos efeitos negativos associados ao transporte, em particular o rodoviário. Com efeito, diversos programas de redução de acidentes, congestionamento e poluição do ar vêm sendo implementados no Brasil e no mundo, havendo interesse de se avaliar a evolução dos indicadores desses custos, especialmente em resposta a esses programas de controle.

A abrangência dos impactos sociais e externos do transporte é proporcional a importância do setor para a economia em geral. Poluição do ar e sonora, congestionamento, acidentes de trânsito, poluição das águas pelos resíduos deixados nas estradas e vazamentos em postos de abastecimento, disposição de resíduos sólidos, como óleos lubrificantes e pneus, destruição e perda de áreas naturais pela construção de vias e o efeito estufa causado pelos gases emitidos pelos veículos, são elementos de destaque dessa lista.

Não obstante a importância desse tema, os instrumentos disponíveis para a quantificação desses impactos ainda estão muito longe de satisfatórios. Há controvérsias sobre a relação entre o transporte e seus impactos, bem como sobre como calcular os custos associados. Esta dissertação de mestrado pretende mensurar esse elevado custo social causado pela envelhecida frota autônoma de caminhões, determinando o custo de capital, operação e manutenção, o custo dos acidentes nas estradas, e também o custo ambiental envolvido.

Avanços nesse domínio propiciariam ainda responder, ao menos parcialmente, a possibilidade do uso de políticas alternativas de preço, investimento e regulação, visando à redução dos impactos externos do transporte, e permitir às futuras pesquisas comparar dito custo social com o custo do dinheiro emprestado, e produzir então projetos de renovação da frota de caminhões fatíveis e possíveis de ser implementados.

1.4 OBJETIVO

Na pesquisa teremos o seguinte objetivo geral e objetivos específicos:

Objetivo Geral

O objetivo geral da presente pesquisa é a mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são:

a) Mensuração dos custos de transporte e frete
b) Mensuração dos custos de acidentes nas estradas
c) Mensuração dos custos ambientais
d) Valoração econômica das externalidades subjacentes à frota autônoma de caminhões

1.5 METODOLOGÍA

Com o intuito de atingir os objetivos propostos e comprovar a hipótese apresentada, utilizar-se-á nesta pesquisa como método de abordagem o hipotético-dedutivo; mediante observação indireta a partir de estudo bibliográfico e observação direta, a partir da utilização de série de bancos de dados relacionados de várias fontes fidedignas.

O presente projeto se apóia na teoria da análise sócio-econômica de projetos, tentando precificar o custo social do transporte rodoviário de cargas agropecuárias feito através da atual frota autônoma de caminhões, focalizando no cálculo o custo do frete, dos acidentes nas estradas e o custo ambiental.

Definiram-se as seguintes cinco (5) etapas metodológicas:

Primeira etapa: Consiste em dar subsídios teóricos ao desenvolvimento da pesquisa, através do aprofundamento teórico elaborando uma revisão da literatura e estado da arte a respeito da mensuração do custo social do transporte rodoviário de carga, visando aprofundar nos conhecimentos sobre mensuração dos custos do frete, custos de acidentes de trânsito, e assim também dos custos ambientais.

Segunda etapa: Definir os tipos de cargas agropecuárias, as distâncias percorridas pelas cargas em questão (rotas escoamento), e os respectivos tipos de caminhões que serão alvo de estudo nos diferentes estudos de caso. A definição das cargas agropecuárias obedece ao critério de importância de quantidade transportada por quilômetro e relevância econômica para a região e para o país.

Terceira etapa: Dedica-se à coleta de dados secundários de custos de capital, operação e manutenção, de acidentes de trânsito nas estradas e custos ambientais, assim também dados referentes à movimentação de cargas agropecuárias obtidos de várias fontes existentes.

Quarta etapa: Valoração do custo social subjacente ao caminhão em questão dividindo-se em: custo do frete; custos de acidentes nas estradas e custos ambientais.

Quinta etapa: Na última etapa da metodologia procura-se realizar a redação da dissertação, relatando os resultados da pesquisa e conclusões finais, apresentando a relevância e importância da proposta, juntamente com as limitações. Também são apresentadas sugestões e recomendações para futuros trabalhos relacionadas ao tema desta dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No seguinte capítulo da dissertação apresenta-se a fundamentação teórica.

2.1 EXTERNALIDADES [1]

A ótica privada implica que as conseqüências privadas são cruciais no processo de decisão sobre o emprego de fatores e recursos possuídos ou empregados pelo proprietário ou por outro agente envolvido. Porém, a maneira como recursos e fatores são utilizados e o produto é obtido tem efeitos também sobre terceiros, o que obriga o analista a examinar o projeto de forma mais ampla. O problema é que, embora certas ações beneficiem outras pessoas, ainda assim não são tomadas por ausência dos estímulos necessários. Ou o oposto: certas ações prejudicam outras pessoas, mas o causador persiste neste comportamento, porque não é suficientemente compensado para tomar uma atitude oposta, ou então não é punido se persiste no comportamento prejudicial a terceiros.

Todos esses efeitos no bem-estar de outras pessoas, no desempenho de empresas e na qualidade do meio ambiente são chamados de "externalidades", positivas quando o comportamento de um indivíduo ou empresa beneficia involuntariamente os outros, e negativas em caso contrário. Pode se dizer que as externalidades são uma falha de mercado, por isso a intervenção governamental pode ser aconselhável. Essas falhas de mercado implicam uma diferença entre o ótimo privado e o ótimo social.

Uma externalidade ocorre quando as relações de produto ou utilidade de uma empresa ou indivíduo incluem algumas variáveis cujos valores são escolhidos pro outros sem levar em conta o bem-estar do afetado, e além disso, os causadores dos efeitos não pagam nem recebem nada por sua atividade. Outras denominações encontradas na literatura para tais fenômenos são efeitos colaterais, efeitos de vizinhança ou efeitos de interdependência. Quem produz estes efeitos é chamado externalizador; e quem sofre tais efeitos é chamado de internalizador (termo pouco usado).

Quanto à classificação das externalidades, existem externalidades no consumo e externalidades na produção, ambas afetam a eficiência dos mercados e o bem-estar social, uma classificação conforme à natureza dos agentes envolvidos é a seguinte:

- Externalidades consumo-consumo: caracteriza-se por um tipo de impacto direto que ocorre quando os consumidores são tanto a fonte quanto os receptores da externalidade.
- Externalidades produção-produção: corresponde a outro tipo de impacto, que acontece quando os produtores são tanto a fonte quanto os receptores da externalidade.

[1] Essa seção da revisão bibliográfica é baseado no livro de Cláudio R. Contador "Projetos sociais: avaliação e prática: impacto ambiental, externalidades, benefícios e custos sociais", ano 2000 e também no livro de Jonathan M. Harris "Environmental and natural resource economics: a contemporary approach", Teoria das Externalidades Ambientais. Global Development and Environment Institute, do Tufts University, ano 1998.

- Externalidades consumo-produção: ocorre quando um ou mais consumidores são fonte e um ou mais produtores são receptores da externalidade.
- Externalidades produção-consumo: surge quando um ou mais produtores são as fontes e um ou mais consumidores são os receptores de externalidades.

Por causa da externalidade, o custo de produção para a sociedade é superior ao custo para o produtor. O custo social inclui, tanto os custos privados de produção quanto os custos impostos indiretamente a terceiros.

No caso de externalidades negativas, a curva custo social situa-se acima da curva da oferta (custo privado), refletindo o custo da poluição. Portanto para definir a quantidade que deve ser produzida, teremos que maximizar o bem-estar social (excedente total), ou seja, o valor do bem para os consumidores menos o custo de produção incluindo agora o custo da poluição. A quantidade de equilíbrio ótima é determinada pela intersecção da curva da procura com curva do custo social, resultando em uma:

$$Q´ótima < Qmercado$$

Embora em alguns mercados o custo social exceda o custo privado de produção, em outros mercados o oposto acontece. Por exemplo, o mercado industrial de robôs. Estes estão na fronteira de uma tecnologia que muda rapidamente. Sempre que uma firma lança um novo robô aumenta as hipóteses de surgir uma nova tecnologia ou design. Isto beneficia não só à empresa, mas também a sociedade porque entra no estoque de conhecimento tecnológico. Este tipo de externalidade é conhecido como *spillover tecnológico*[2].

Nestes casos, a curva do custo social situa-se abaixo da curva da oferta. Assim, a quantidade de equilíbrio:

$$Q´ótima > Qmercado$$

Neste caso, o governo pode internalizar a externalidade atribuíndo subsídios, fazendo deslocar para baixo a curva da oferta.

Até aqui foi discutido externalidades associadas com a produção; mas também temos externalidades que estão associadas com o consumo. Por exemplo, o consumo de álcool se associado com condução acarreta externalidades negativas. Igualmente, o consumo de educação traz benefícios individuais, mas também para todos.

A análise de externalidades de consumo é equivalente a de produção. A curva da procura não reflete o valor para a sociedade do consumo do bem/serviço. No caso do álcool, a curva do valor social situa-se abaixo da curva da procura. O equilíbrio ótimo deverá levar a um consumo inferior. No caso da educação a

[2] Os primeiros spillovers tecnológicos ocorrem, através da troca de informações e empregados que saem das empresas pioneiras e montam novas empresas (Marshall, 1985). Os ex-funcionários de fábricas pioneiras iniciaram seus próprios negócios, aproveitando-se das economias de escala proporcionadas e das externalidades positivas, permitindo assim que o crescimento se mantenha a uma taxa crescente constante no futuro. (Griliches, 1992).

curva do valor social situa-se acima, devendo a quantidade ótima situar-se acima da curva de mercado. A resposta adequada do governo a este tipo de externalidades é similar ao caso da produção. Bebidas alcoólicas são das mais tributadas, enquanto a educação é das mais subsidiadas.

Portanto pode-se dizer que externalidades negativas na produção ou consumo levam o mercado a produzir mais do que é socialmente desejável. Externalidades positivas na produção ou consumo levam o mercado a produzir menos do que é socialmente desejável.

2.1.1 Características das externalidades e definição de bem público

Não importa como sejam chamadas, as externalidades têm certas características:

1. A primeira é que elas resultam da definição imprecisa do direito de propriedade, e não do comportamento perverso ou bondoso dos indivíduos e empresas. As externalidades ocorrem principalmente quando o direito de propriedade é imperfeitamente estabelecido e exercido. O estabelecimento de direitos de propriedade sobre todos os recursos eliminaria a maioria das externalidades ou favoreceria seu controle.
2. A segunda característica da externalidade é seu caráter incidental, involuntário. A poluição é apenas uma conseqüência, um subproduto desagradável de sua atividade, com efeitos incômodos em outras pessoas e indústrias. O empresário está consciente da poluição e talvez seja mesmo prejudicado por ela, mas os danos que causa ao bem-estar de outras pessoas e atividades não são considerados nos cálculos de seus custos e benefícios.
3. Excluindo aqueles casos de externalidades positivas, o fato é que, mesmo incidentais, tais efeitos não são absorvidos, pode se dizer “internalizados”, com prazer ou indiferença pelos demais indivíduos e empresas. A falta de controle direto a um custo nulo sobre as fontes dos efeitos externos, a não ser pelo próprio externalizador, é a terceira característica das externalidades.

É importante não confundir externalidade com bens coletivos. Externalidades ambientais, quando positivas, afetam um grande número de pessoas e, muitas vezes são confundidas com um bem coletivo. Porém, enquanto a externaldiade é apenas o subproduto de uma atividade, o bem coletivo é o produto final. Ademais, a externalidade assume a característica de inevitável, ou evitável a certo custo social. O bem coletivo, por sua vez, é evitável a um custo zero.

Muitas questões podem dificultar a definição do que é um bem público. Se considerarmos a afirmativa que bens públicos são os bens que o Estado deve produzir para consumo da população, mas há também alguns bens que não produzidos pelo Estado, mas por ele gerenciados e controlados, a fim de organizar o consumo da população, bem como promover a sua preservação, entre eles, os recursos hídricos.

A partir das definições de alguns autores (Pindyck, 1999, Oliveira, 2000) temos:

a) O bem público puro é não rival em consumo, portanto o custo adicional de mais um consumidor é zero. Exemplo: iluminação pública, sinalização de estradas e rodovias.
b) O consumo do bem público, embora na mesma quantidade, pode ser valorizado de forma diferente entre os indivíduos. Exemplo: um navio de carga e uma jangada em relação à iluminação de um farol. Ambos o utilizam para aportar, mas o valor atribuído por um e por outro será diferente.
c) O bem público é não exclusivo. É impossível ou muito caro impedir alguém de consumir um bem público, mesmo que esse indivíduo não desejasse pagar por tal bem caso lhe fosse cobrado.

Podemos dizer ainda que:

a) A classificação de um bem como bem público não é absoluta, pois vai ser determinada pelo mercado e pela tecnologia de acesso.
b) Alguns bens que não são mercadorias podem ter características de bem público. Exemplo: honestidade, não rival em consumo, não exclusivo e com valorização diferente entre cada indivíduo beneficiado.
c) Os bens públicos não precisam ser necessariamente produzidos pelo setor público, mas devem ser regulamentados e fiscalizados pelo Estado para que não haja discrepância quanto à manutenção de suas características essenciais.

É possível produzir bens públicos de forma eficiente. Porém, como os indivíduos estão consumindo a mesma quantidade e podem não revelar suas verdadeiras preferências, isso implica em uma produção ineficiente desses bens. O fato de o indivíduo desconhecer o custo de produção de um bem que não lhe é cobrado diretamente é um incentivo para que ele subestime o valor do bem e procure utilizá-lo além da sua necessidade ou sem qualquer preocupação em limitar seu consumo.

No artigo 225 da Constituição Federal de 1988, o meio ambiente é referenciado da seguinte forma: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo- se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Através dessa determinação, verifica-se que o meio ambiente é um bem de uso comum do povo. No entanto, pelo conceito técnico previsto no artigo 66 do Código Civil, seria um bem público. Alguns autores utilizam ainda a definição de “bem de interesse público” (Fontenelle, 1999), ou seja, não é um bem público, nem privado. Sendo assim, como “bem de interesse público” deve ser utilizado, além de preservado, por toda a sociedade. O uso e a preservação do meio ambiente são regidos por um sistema jurídico específico, que é o direito ambiental.

2.1.2 Teoria aplicada à análise das externalidades

Uma das hipóteses mais aceitas na teoria do consumidor é a de que as quantidades consumidas dos bens e serviços presentes na função utilidade de cada indivíduo são imaginadas sob seu controle. As quantidades são reajustadas em função de mudanças na renda e nos preços dos bens e

serviços. Na ausência de efeitos externos, a interdependência entre os bens consumidos por indivíduo isolado opera indiretamente via conjunto de preços relativos observados no mercado. Mudanças nesses preços afetam a quantidade consumida dos bens que, por sua vez, determinam o bem-estar das pessoas. Neste mundo competitivo e com ausência de externalidades, cada situação de equilíbrio satisfaz o chamado "Ótimo de Pareto", em que não é possível fazer com que o bem-estar de um ou de mais indivíduos melhores sem que o outro ou outros fiquem em pior situação.

Um exemplo bem simplificado é útil para esclarecer este ponto. Suponha-se um mundo formado por apenas dois consumidores A e B, com dois produtos X e Y. Em dado momento, as quantidades disponíveis destes dois bens são constantes e distribuídas pelos indivíduos:

$$X_A + X_B = X \qquad (1)$$

$$Y_A + Y_B = Y \qquad (2)$$

onde os subíndices referem-se aos indivíduos A e B. Aos preços vigentes P_X e P_Y , a renda I de cada indivíduo é despendida na compra dos dois bens.

$$P_X \; X_A + P_Y Y_A = \bar{I}_A \qquad (3)$$

$$P_X \; X_B + P_Y Y_B = \bar{I}_B \qquad (4)$$

Por enquanto, vamos supor que cada indivíduo procura maximizar seu bem-estar, baseado apenas nas quantidades consumidas dos dois bens:

$$U_A = U_A\,(X_A, Y_A) \qquad (5)$$

$$U_B = U_B\,(X_B, Y_B) \qquad (6)$$

onde U_A e U_B representam a utilidade total de cada indivíduo. Para maximização (ou minimização) de uma função sujeita a restrições, é conveniente empregar a conhecida metodologia de Lagrange, assim com as expressões de acima escrevemos a função G_A para o indivíduo A:

$$G_A = U_A\,(X_A, Y_A) - \lambda_A (P_X \; X_A + P_Y Y_A - \bar{I}_A) \qquad (7)$$

onde λ_Aé um parâmetro conhecido como multiplicador de Lagrange, que com derivada igualada a zero fornece:

$$\frac{\frac{\partial U_A}{\partial X_A}}{\frac{\partial U_A}{\partial Y_A}} - \lambda_A P_X = 0 \qquad (8)$$

e então; $$\frac{\frac{\partial U_A}{\partial X_A}}{\partial P_X} = \frac{\frac{\partial U_A}{\partial Y_A}}{\partial P_Y} = \lambda_A \qquad (9)$$

Aplicando também para o indivíduo B, obtemos;

$$\frac{\frac{\partial U_B}{\partial X_B}}{\partial P_X} = \frac{\frac{\partial U_B}{\partial Y_B}}{\partial P_Y} = \lambda_B \qquad (10)$$

ou seja, cada indivíduo procura consumir quantidades dos bens tal que as relações entre as utilidades marginais e os respectivos preços sejam iguais entre si e iguais à utilidade marginal da renda λ_A e λ_B. Cada relação pode ser também interpretada como utilidade marginal de cada unidade de moeda despendida na compra do bem e, com isto, a regra citada nos diz que, para maximizar sua satisfação, cada indivíduo procurará igualar entre os bens a utilidade marginal por unidade de moeda despendida.

Outro resultado importante obtido através das equações anteriores:

$$\frac{\frac{\partial U_A}{\partial X_A}}{\frac{\partial U_A}{\partial Y_A}} = \frac{P_X}{P_Y} = P^* \qquad (11)$$

Ou seja, a relação entre as utilidades marginais é igual aos preços relativos dos respectivos bens. Identificamos P^* como o preço relativo do bem X em relação ao preço de Y. A relação entre as marginais é também conhecida como taxa marginal de substituição. Para o outro indivíduo teríamos também a seguinte relação:

$$\frac{\frac{\partial U_B}{\partial X_B}}{\frac{\partial U_B}{\partial Y_B}} = \frac{P_X}{P_Y} = P^* \qquad (12)$$

Tal que a taxa marginal de substituição $\frac{\Delta \mathrm{Y}}{\Delta \mathrm{X}}$ ou seja, a relação entre utilidades marginais, seja igual para todos os indivíduos (que maximizam seu bem-estar) e, por sua vez, igual ao preço relativo

$$\mathrm{P}^*: \frac{\Delta \mathrm{Y}}{\Delta \mathrm{X}} = \frac{\frac{\partial \mathrm{U_A}}{\partial \mathrm{X_A}}}{\frac{\partial \mathrm{U_A}}{\partial \mathrm{Y_A}}} = \frac{\frac{\partial \mathrm{U_B}}{\partial \mathrm{X_B}}}{\frac{\partial \mathrm{U_B}}{\partial \mathrm{Y_B}}} = \frac{\mathrm{P_X}}{\mathrm{P_Y}} = \mathrm{P}^* \qquad (13)$$

Se os indivíduos A e B não estivessem igualando as taxas marginais de substituição aos preços relativos, seria possível melhorar a satisfação de pelo menos um deles sem prejudicar o outro.

Conclusões análogas seriam obtidas se, ao invés de consumo, falássemos em produção. Teríamos níveis de produção, ou seja, isoquantas, concluindo que a taxa marginal de substituição na produção teria que ser igual aos preços relativo para que a alocação de recursos fosse eficiente. Por exemplo, se X e Y são os produtos finais obtidos a partir de dois fatores L (mão de obra) e K

(capital), com preços de mercado respectivos w e r, teríamos as seguintes condições para que o produto fosse o máximo possível ao mínimo de custo:

$$\frac{\frac{\partial X}{\partial L}}{\frac{\partial X}{\partial K}} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial L}}{\frac{\partial Y}{\partial K}} = \frac{w}{r} \qquad (14)$$

e analogamente para o produto Y, onde $\frac{\partial X}{\partial L}$ e $\frac{\partial Y}{\partial L}$ correspondem à produtividade marginal do fator L na produção de X e Y, respectivamente, e $\frac{\partial X}{\partial K}$ e $\frac{\partial Y}{\partial K}$, idem para o fator K. Para eficiência na alocação dos recursos, a relação entre produtividades marginais, ou seja, a taxa marginal de substituição entre fatores nos vários setores deve ser igual ao preço relativo dos produtos, conforme se mostra nas equações anteriores. Além disso, o preço relativo dos produtos, ou taxa de substituição na produção, deve ser igual à relação entre as produtividades marginais de cada fator nos vários setores, vista na expressão anterior.

Todas essas conclusões permanecem válidas para um número muito grande de produtos finais, fatores de produção, consumidores e produtores, desde que seja mantida a hipótese básica de interdependência dos mapas e utilidade e de isoquantas. Porém, no momento em que o bem-estar de um indivíduo ou empresa (agente econômico) passa a depender não só dos bens e serviços que consome ou produz, mas também das quantidades consumidas e ou produzidas por outros agentes, o mercado competitivo, por si só, não assegura o “Ótimo de Pareto”. Surge, então, o que se chama na literatura, de “falência de mercado”.

As externalidades geram divergências, na margem entre o benefício social e o custo social de determinada atividade. Para que existe uma externalidade, é necessário que ela seja transmitida a terceiros diretamente através das quantidades consumidas ou produzidas e não através dos preços de mercado.

2.1.3 Fontes de externalidades

As externalidades originam-se de três fontes:

1. A primeira surge como uma deficiência dos direitos de propriedade. É fácil mostrar que a correção da externalidade negativa gera um benefício social líquido. Se as externalidades tivessem seus preços determinados livremente no mercado, a questão recairia no caso ótimo de Pareto e não precisaríamos nos preocupar com seus efeitos alocativos. É claro que ainda permaneceria a questão da equidade da distribuição dos efeitos entre indivíduos e atividades.

2. A segunda fonte de externalidade resulta no avanço técnico que gera retornos crescentes de escala e custos médios decrescentes a longo prazo. O mecanismo de mercado é incapaz de eliminar tais “externalidades tecnológicas” por duas razões. A primeira, porque os custos decrescentes tendem a proporcionar a formação de monopólios, com consequente divergência entre os preços e custos marginais, pode se dizer que os monopolistas “taxam” os consumidores. A segunda, porque mesmo que os

custos médios decrescentes não desemboquem em monopólios, ainda assim o mecanismo de mercado não assegura o ótimo social.

3. A terceira fonte de externalidade é encontrada no caso dos bens públicos. Como o mecanismo de mercado não permite a formação de preços competitivos, diz-se que os bens públicos propiciam a formação de externalidades. Na verdade, o mecanismo de mercado não funciona perfeitamente no caso de bens públicos em virtude de sua natureza, e não porque ocasionem externalidades. E ressaltar, que se o sistema de preços tem condições de eliminar o fenômeno, a externalidade não mais existe.
Normalmente, acordos a contratos envolvem custos de transação não nulos. Por isso, uma condição necessária para que as externalidades sejam eliminadas (ou reduzidas) é que os benefícios líquidos suplantem os custos de sua eliminação.

Consequentemente, o mecanismo de mercado pode eliminar ou amortecer as externalidades, desde que os benefícios suplantem os custos do processo e que haja benefícios mútuos para ambas partes envolvidas, ou que, pelo menos, uma das partes não seja prejudicada. Porém, mesmo que algumas externalidades possam ser evitadas através de acordos com benefícios potenciais líquidos superiores aos custos, nem sempre estas transações podem ser realizadas abertamente, por ferirem a ética, a moral e os costumes da sociedade. Isso significa que as soluções imaginadas para as externaldiades devem obedecer também a requisitos éticos; não basta imaginar uma forma econômica de eliminar ou amortecer uma externalidade, é ainda necessário que a solução seja aprovada socialmente.

2.1.4 Controle das externalidades

Nos exemplos citados anteriormente, as partes envolvidas (o externalizador e o afetado) são identificadas, permitindo assim que a relação causa e efeito seja conhecida ou pelo menos percebida, o que facilita os acordos, as ações judiciais, a imposição de impostos sobre as fontes, etc. Na vida real, a questão é bem mais complexa; existe um grande número de agentes externalizadores e de agentes afetados. A relação de causa e efeito não pode ser estabelecida com clareza. Os acordos entre as partes envolvidas, mesmo quando identificadas, são imprecisos e muitas vezes impossíveis.

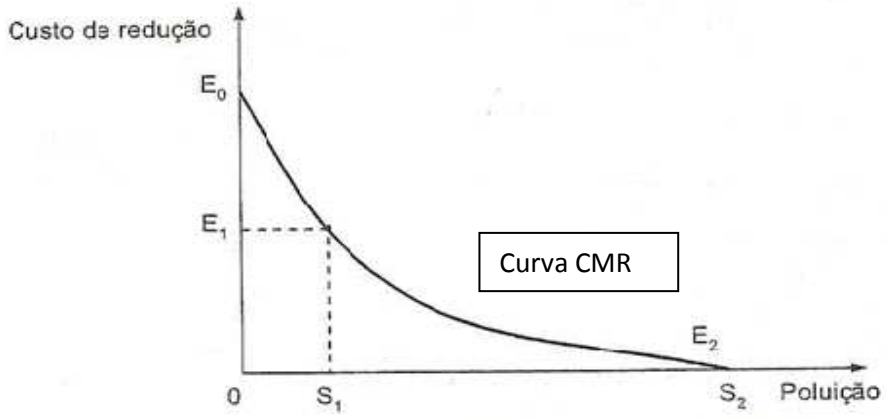

Figura 1. Custo de reduzir a poluição, Curva CMR. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

A curva CMR (figura 1) tem inclinação negativa, significando que o custo marginal de reduzir a poluição ao nível zero é E_o. Aceitar uma poluição maior, digamos S_1, envolve um custo de controle menor, cerca de E_1. Se não houver controle para reduzir a poluição, ela atinge o máximo S_2. Nos casos extremos, os ecologistas (desde que o emprego e a renda não estivessem dependentes da fonte poluidora) gostariam de ter a situação S_0, enquanto os trabalhadores a situação S_2.

Para identificar o nível social aceitável de poluição, precisamos conhecer o custo social ambiental de unidades marginais de poluição. Até um nível modesto de poluição, o meio ambiente tem condições de reciclar-se e não é afetado. Os ventos, o oxigênio e o calor encarregam-se de absorver e eliminar a poluição e reconstruir os danos eventuais. Porém, para um nível superior de poluição surgem os custos ambientais. O custo da poluição cresce de forma acelerada. O custo marginal de ter poluição é representado pela curva CMP na seguinte figura.

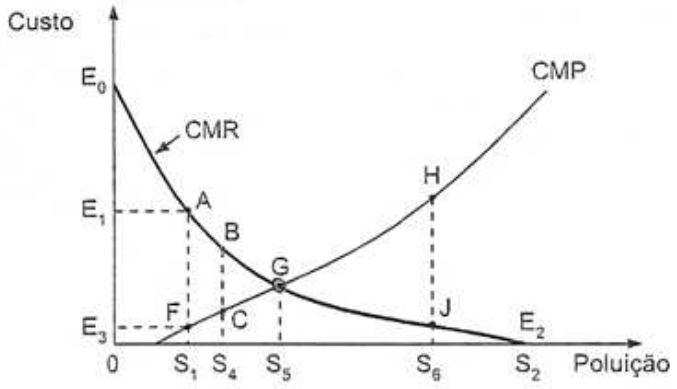

Figura 2. Nível aceitável de poluição. Curvas CMR e CMP. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

No nível de poluição S_1, o custo incorrido pela sociedade em reduzir a poluição é E_1, enquanto o custo ambiental adicional, E_3. Uma quantidade marginal de poluição impõe um custo de redução correspondente à área S_1ABS_4 e um custo ambiental de S_1FCS_4. O ponto de equilíbrio ocorre quando CMR=CMP, no ponto G, com o nível de poluição S_5. Para qualquer nível à direita de S_5, por exemplo S_6, o custo adicional no meio ambiente é maior do que o custo de reduzir a poluição. Deixar a poluição aumentar do nível S_5, para S_6, leia-se afrouxar os controles e a legislação, impõe um custo líquido marginal ambiental S_5GHS_6 e o custo marginal em reduzir a poluição S_5GJS_6. Como o custo ambiental supera o custo de redução, o nível de poluição excessivo.

A questão é como restringir a poluição ao nível S_5. Como não existe um mercado para a poluição, torna-se necessária alguma intervenção, geralmente por uma agência governamental. Outras formas de controle usam soluções de direito privado. Há duas formas de intervenção governamental:

a) Políticas de comando e controle, regula diretamente o comportamento
b) Políticas baseadas no mercado, cria incentivos para o setor privado resolver os problemas por ele próprio.

Algumas medidas públicas de controle mais conhecidas são:

1. **Regulamentação**

O governo pode remediar uma externalidade proibindo ou requerendo certos tipos de comportamento. No caso da poluição pode proibi-la. Contudo, nem sempre é possível proibir todas as atividades poluidoras. É preciso estabelecer níveis máximos, encontrar formas alternativas.

2. **Imposto sobre poluição**

Em vez de regulamentar o comportamento em resposta a externalidades, o governo pode usar políticas baseadas no mercado para alinhar os incentivos privados com a eficiência social. Para reduzir o nível de poluição, a medida mais simples é estabelecer um imposto, denominado Imposto Pigoviano, supostamente cobrado por cada unidade de poluição emitida por uma empresa tentando assim reduzir os efeitos de uma externaldade negativa. É uma medida que pode reduzir externalidade desde que o valor supere o ganho com a poluição. O uso de tal imposto é chamado de internalização da externalidade, fazendo que o seu produtor suportar a totalidade do custo externo ou usufruir da totalidade do benefício externo.

3. **Sistemas de quotas de poluição**

A cobrança de impostos proporcionais à poluição gerada nem sempre é possível. Uma alternativa é exigir que todas as indústrias reduzam a poluição por uma certa proporção. Este sistema tem o seguinte problema; atinge indiscriminadamente todas as atividades, mesmo as poluidoras modestas. Ainda um sistema mais imaginativo, seria estabelecer um sistema de quotas de poluição vendidas no mercado pelo governo ou agencia reguladora ambiental que assegurassem ao seu proprietário o direito de gerar um nível preestabelecido de poluição. Empresas que necessitem expandir a produção, e conseqüentemente o subproduto poluição, podem decidir entre comprar novas quotas ou estabelecer filtros e medidas antipoluentes.

4. **Subsídio aos equipamentos antipoluição**

A eliminação da poluição através do cerceamento da atividade produtiva tem o custo de gerar desemprego e privar aos consumidores dos produtos que seriam produzidos. De outro modo, exigir que as empresas privadas arquem com os custos de impostos e de filtros tende a inibir a atividade. Uma solução seria a de subsidiar a instalação de filtros. Existem vários problemas com este sistema. Os subsídios seriam efetivados na redução da poluição se os filtros fossem adequados e bem instalados. Se o subsídio fosse proporcional ao custo do filtro, poder-se-ia esperar que as empresas escolhessem os modelos mais caros, e consigam instalassem os mais baratos. É provável que uma vez instalados, e o subsídio coletado, o sistema de filtros seja operado de forma inadequada, ou simplesmente desligado. Outro possível problema é que a ênfase é dada à etapa final do tratamento, na fase em que a poluição está prestes a ser despejada.

5. **Compensação pela redução da produção**

Se uma empresa é forçada a reduzir sua produção para atender o nível ótimo social, uma solução seria pagar a esta empresa para que não produzisse além

do nível ótimo. Este sistema tende a estimular o emprego de tecnologias poluidoras, para em seguida exigir compensações cada vez maiores. Afinal, quem polui ou ameaça poluir mais, ganha mais.

6. Poluidor arca com todos os danos que causar

A legislação estabelece que os danos devem ser pagos pelo agente causador. O problema é que muitas vezes a poluição é gerada por um grande número de agentes ou é pouco visível. Se os danos podem atingir potencialmente um grande número de pessoas, aquele efetivamente prejudicado acaba sem apoio para suas queixas. Se uma fábrica polui, ela tem implicitamente o aval do governo que permitiu sua implantação.

7. Ampliar os direitos de propriedade

O que é de todos não é de ninguém. Um jardim ou uma praça pública acabam destruídos porque pertencem a todos. Um jardim privado pode ser mantido com custo muito menor porque tem o dono que zela por ele e evita que seja destruído. Ninguém é preso (e deveria) ou advertido se mutila um arbusto de praça pública, mas está sujeito a um processo se invade uma propriedade privada para o mesmo fim. A privatização dos chamados bens públicos pode reduzir os danos gerados por terceiros. Infelizmente, o enfoque da privatização não pode ser aplicado ao ar, às águas internacionais, à camada de ozônio, etc. Não impede que experiências nucleares espalhem resíduos radioativos por outros países. A intervenção do governo nem sempre é necessária para resolver o problema das externalidades. Algumas soluções privadas possíveis mais conhecidas são:

I. Códigos morais e sanções sociais; por exemplo, não sujar e frases do tipo “A tua liberdade acaba onde começa a dos outros”. Em termos econômicos, diz-nos para internalizar as externalidades;
II. Caridades; São tipicamente fundadas para atender a externalidades. Exemplos, fundações de proteção do meio ambiente, fundações de apoio à educação (externalidades positivas);
III. Interesse próprio das partes; os mercados privados solucionam também o problema com base no interesse próprio das partes. Algumas vezes a solução passa por integrar diferentes tipos de negócios. Ou seja, atingir um contrato entre as partes interessadas.

2.2 EXTERNALIDADES DO FRETE, DOS ACIDENTES NAS ESTRADAS E DA POLUIÇÃO AMBIENTAL

2.2.1 Custo social da frota de transporte

Os custos sociais associados à utilização de veículos automotores estão relacionados à morte e ferimentos de pessoas, à poluição gerada pelo uso de combustíveis, à geração do "efeito barreira" quando a circulação de veículos prejudica as relações sociais dos moradores, e ao congestionamento (Vasconcellos, 2001). A teoria da correlação e econométrica fundamentarão estatisticamente as análises entre os custos sociais subjacentes a atual frota de caminhões da agropecuária e a idade da frota (Gujarati, 2006; Hoffman, 2006). Espera-se que quanto maior a idade da frota maior seja o seu respectivo custo social; em termos econométricos:

$$\phi = \beta_1 + \beta_2 \alpha + \sum \beta_i w_i + \varepsilon \qquad (15)$$

onde ϕ é o custo social subjacente a atual frota de caminhões da agropecuária, α é a idade da frota, w_i ($i = 3,4,..., n$) representa outras variáveis determinantes de ϕ, ε é o termo-erro e β_i são parâmetros a ser estimados. O custo social subjacente a atual frota de caminhões da agropecuária ϕ opera nos custos e fretes, na atmosfera e na vida humana (acidentes).

Uma justificativa teórica para relacionar os custos com idade da frota é encontrada em Oliveira (2000). Os autores determinam um fluxo de caixa inicial do caminhão. Este fluxo inicial reflete o dispêndio de investimento inicial, as despesas previstas para sua operação e seu valor de revenda no final da vida útil. Desta forma é possível avaliar a rentabilidade do investimento definindo o adiamento das despesas com a aquisição de uma nova máquina (caminhão). Após a determinação do fluxo de caixa, calcula-se o custo anual equivalente do caminhão (CAE):

$$CAE(t) = \left[VI + \sum_{t=1}^{T} \frac{D(t)}{(1+\rho)^t} - \frac{VR_T}{(1+\rho)^T} \right] \left[\frac{\rho(1+\rho)^T}{(1+\rho)^T - 1} \right] \qquad (16)$$

Onde: *CAE* é o custo anual equivalente do caminhão
VI é o valor da inversão inicial (valor de aquisição)
ρ é a taxa de desconto
D(t) são as despesas previstas para a operação
VR_T é o valor de revenda no final da vida útil

A literatura envolvendo estimação de elasticidades-custo tem evoluído em diversas direções. Uma das formas funcionais muito adotadas é a função transcendental de custos ou função translog. Esta forma funcional mais flexível permite incluir no modelo a pressuposto de substituições irrestritas entres os fatores de produção. Suponha que uma função de produção: $Q = f(\mathbf{x})$, onde x são os fatores de produção. Uma forma funcional tradicionalmente empregada é dada por:

$$Q = \alpha_0 K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} F^{\alpha_F} e^{\varepsilon_i} \qquad (17)$$

onde K é o estoque de capital, L é a mão-de-obra, F representam os combustíveis e o termo ε_i representa as diferenças aleatórias na absorção de custos entre as firmas. O parâmetro de economia de escala sob avaliação é dado por $\alpha_K + \alpha_L + \alpha_F = r$, onde $r=1$ indica que há retornos constantes de escala. No caso da frota de caminhões, a idade do veículo pode ser incluída como um dos determinantes na função de custo. Nesse caso a forma funcional seria:

$$Q = \alpha_0 K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} F^{\alpha_F} I^{\alpha_I} e^{\varepsilon_i} \quad (18)$$

onde *I* é a idade do veículo. A racionalidade econômica implica no objetivo de minimização dos custos pelo agente econômico, dada algumas restrições.

2.2.2 Externalidade: Custo do Frete

Tanto os caminhoneiros quanto os proprietários das cargas transportadas perdem com o envelhecimento da frota, devido aos custos de capital, de operação e de manutenção que aumentam à medida que a frota envelhece, conforme estabelece a análise de substituição de equipamentos (Souza e Clemente, 2009; Valente et al 1997) e demonstrado na seguinte figura:

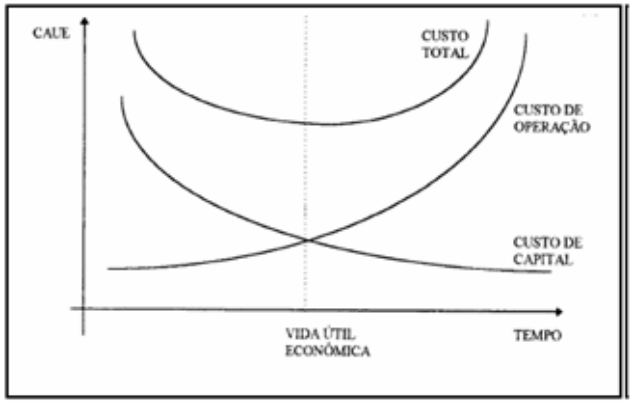

Figura 3. Custo de capital, operação e manutenção x tempo. Fonte: Valente et al 1997.

O ponto de custo total mínimo é denominado de vida econômica. Pereira e Rocha (2006) demonstram que a vida econômica da frota brasileira de caminhões é de oito anos (8 anos), em média.

Supõe-se que o valor do frete C pago pelo contratante do serviço de transporte do autônomo seja formado a partir dos custos, acrescentado da margem de lucro (Koutsoyiannis, 1979):

$$C = (1+\mu) \times COM_t \quad (19)$$

Em que μ é o mark-up e COM é o custo de capital, de operação e de manutenção do caminhão por quilômetro percorrido cujo valor eleva-se à medida que o tempo passa (t = 1,2,...,T); porque esses custos sobem com o tempo.

O custo social relativo ao valor do frete é definido assim (Rocha, Ronchi e Moura, 2011):

$$E_F = \frac{\sum (C^k - C_{MIN})}{\sum k} \qquad (20)$$

A externalidade de frete por caminhão é representada pela variável E_F. Ck é o custo de operação, de manutenção e de capital do caminhão k com idade maior do que a idade corresponde a de menor custo. CMIN é o custo mínimo de operação e manutenção e de capital de um veículo-tipo.

Note-se que a equação (20) pode ser modificada para:

$$E_F = \sum \frac{k_I}{K} \times (C_I^k - C_{MIN}) \qquad (21)$$

Neste caso, a diferença entre custos é multiplicada pelo fator de ponderação $\sum \frac{k_I}{K}$. C_I^k é o custo de operação, de manutenção e de capital dos caminhões k com idade I.

A externalidade negativa refletida no valor do frete E_F é definida como: $E_F = C^k - C_{MIN}$ em que C^k é o valor do frete pago pelo contratante do serviço de transporte e C_{MIN} é o valor do frete que o contratante pagaria se o custo utilizado para cálculo do frete na equação apresentada anteriormente sendo $C_{MIN} = COM$, C_{MIN} é o custo médio correspondente a idade econômica da frota.

Então:

a) Se $C_I^k = C_{MIN}$, inexiste externalidade de custos e fretes.
b) Se $C_I^k > C_{MIN}$, diz que há perdas sociais de custos e $COM > C_{MIN}$.
c) Se $C_I^k < C_{MIN}$, o caminhoneiro autônomo opera com prejuízo.

A relação entre custo marginal, formação de preços e idade do caminhão também pode ser visualizada através da seguinte figura.

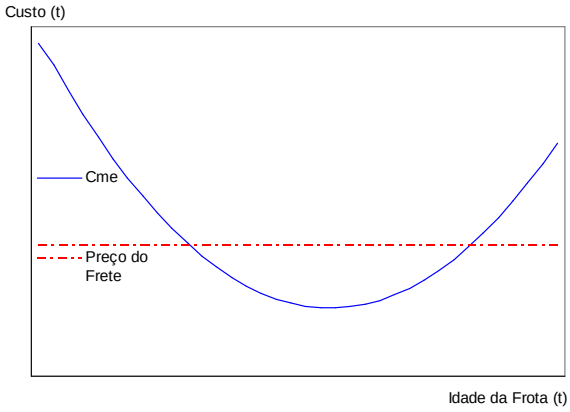

Figura 4 - Relação entre Idade e Custo Marginal. Fonte: Arruda, 2009.

Pereira (2006) e Pereira e Rocha (2006) demonstraram que o custo de operação e manutenção de um caminhão no Brasil atinge seu ponto de mínimo com oito anos de idade, em média; ao custo de R$ 0,76 por km.

Arruda (2010), com base nos dados de Pereira (2006) onde considerou o custo por quilometro para a idade de até 12 anos, estimou modelo por meio do Método dos Mínimos Quadrados Ordinário (Gujarati, 2006) para, a partir dele, encontrar o valor de custo de operação, manutenção e de capital de um caminhão com idade de 23 anos. O modelo de melhor ajuste aos dados é do tipo polinomial quadrática, conforme resultados apresentados a continuação.

$$COM = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 I^2 + \varepsilon \qquad (22)$$

Onde: COM é o custo de capital, operação e manutenção do caminhão
I representa a idade média do caminhõa
$\hat{\beta}_0$ = 1, 141, $\hat{\beta}_1$ = - 0, 097 e $\hat{\beta}_2$ = 0, 0062.

2.2.3 Externalidade: Custos de acidentes nas estradas

Os acidentes de transito determinam perdas para a sociedade em temos de recursos econômicos, vidas humanas e bem estar social. Os custos relacionados aos acidentes de trânsito podem ser dimensionados em função dos seus impactos econômicos sobre a sociedade.

Conforme pesquisa feita pelo Ministério de Saúde, os acidentes de trânsito são o segundo maior responsável por mortes por causas externas, e também os custos envolvidos nos acidentes de trânsito dominam os componentes dos custos sociais. Segundo informações advindas do anuário estatístico do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transito (DNIT, 2004) do universo de condutores envolvidos em acidentes de trânsito 92% são do sexo masculino e a maior parte desses possui idade entre 30 e 40 anos. Muitos desses indivíduos são profissionais ligados aos serviços de transporte (41%).

Os cálculos de acidentes de transito realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) de Agencia Nacional de Transportes Públicos (ANTP) para 49 aglomerações urbanas apresentaram custo médio de acidentes com vítimas no Brasil na ordem de R$ 35.135,00 no ano de 2003.

A literatura usa o enfoque do valor presente dos rendimentos perdidos $VP(RP)$ para atribuir um valor monetário a vida humana perdida ou inválida (Carvalho et al., 2007; Viscusi e Aldy, 2003; Rocha et al., 2009) para o trabalho mediante um acidente, isto é:

$$VP(RP_j) = W_0^J + \frac{W_0^J (1+g)(1-\lambda_1)}{1+r} + \frac{W_0^J (1+g)^2 (1-\lambda_2)}{(1+r)^2} + \ldots + \frac{W_0^J (1+g)^T (1-\lambda_T)}{(1+r)^T} \qquad (23)$$

onde W_0^j é rendimento do indivíduo no período do acidente

g é a taxa anual de crescimento do rendimento do indivíduo j

r é a taxa de desconto e

λ_t ($t = 1,2,..., T$) são as probabilidades de falecimento ou invalidez do individuo j por outra causa.

A avaliação de custos de acidentes de relacionados à frota de caminhões de transporte agropecuário apresenta características que a distinguem da avaliação feita pelo IPEA para as aglomerações urbanas. Primeiramente, a ocorrência de acidentes ultrapassa as aglomerações urbanas, estendendo para localidades rurais. Nas estradas e localidades rurais mais afastadas os custos de atendimento médico-hospitalar, como o deslocamento das vítimas, são mais elevados que nas aglomerações urbanas.

Outro fator relevante a ser considerado é taxa de acidentes com envolvimento de caminhões, que deve ser maior nas rodovias que nas aglomerações urbanas. Espera-se ainda que a velocidade média dos veículos no momento do acidentes seja relativamente mais elevada nas rodovias que nos acidentes dentro de aglomerações urbanas. Os caminhões apresentam maior massa que os veículos leves e maior dificuldade de frenagem. A grande quantidade de energia absorvida num impacto com um veículo de transporte de carga pode ser vista como fator determinante de uma maior taxa de mortalidade nos acidentes envolvendo a frota de caminhões de transporte.

Deve-se ressaltar também que existem acidentes com ocorrência dentro das áreas urbanas, com impactos relevantes sobre o fluxo de trânsito das grandes cidades. Relatório de custos de acidentes realizado pelo DNIT demonstra que nos acidentes ocorridos em estradas federais 28% possuem a participação de veículos de transporte de carga. Considerando os acidentes de trânsito com envolvimento de veículos de transporte de carga, veículos de passeio e ônibus, 97% desses veículos mais que 9 anos de fabricação. Esta estatística de idade ressalta a importância da renovação da frota autônoma de caminhões para melhoria das condições de segurança nas rodovias.

Os impactos econômicos dos acidentes de trânsito podem ser classificados em três grandes categorias segundo (Rosa & Lindau, 2004):

i) danos materiais dos veículos, sobre a via pública (danificação de placas de trânsito e postes de iluminação pública) e o atendimento às vítimas;
ii) custos relacionados à perda do capital humano, ou seja, a perda produção potencial futura do indivíduo;
iii) custos psicológicos e sociais relacionados, os quais refletem a aversão da maioria da sociedade aos riscos inerentes aos acidentes de trânsito.

Pode-se incluir ainda como custos relacionados aos acidentes de transito o congestionamento das vias públicas, os quais ocasionam perda de tempo dos indivíduos.

Entre as metodologias mais usualmente encontradas para mensuração do custo de acidentes, pode-se listar (Anh & Dao, 2005; De Leon, et al, 2005; Elvik, 2000):

- **Produção Bruta Esperada:** Tal metodologia baseia-se na determinação da produção acumulada do indivíduo durante sua vida. Dentro desta abordagem o custo do acidente será representado pela soma dos custos relacionados ao acidente de trânsito propriamente dito, mais a potencial produção individual perdido.
- **Perda de Capital Humano:** O custo do acidente de trânsito dado pela soma dos custos com o acidente propriamente dito, mais os custos associados à mensuração da dor e do sofrimento, o que envolve certa subjetividade. O valor econômico da prevenção de acidentes é dado pela soma de tais custos.
- **Metodologia da Produção Líquida:** Difere da metodologia da produção bruta esperada, pela subtração na da produção futura potencial do consumo futuro.
- **Seguro de Vida:** O custo do acidente é dado por uma função do montante do prêmio seguro que o indivíduo está propenso a atribuir a si próprio.
- **Gasto-Tribunal:** O custo do acidente é dado pelo montante da indenização especificada pela justiça aos dependentes da vítima do acidente. Adiciona-se ainda ao valor da indenização os custos com o acidente propriamente dito.
- **Avaliação do Setor Público:** Esta metodologia se preocupa em especificar o valor implícito dos acidentes utilizando os gastos públicos necessários com prevenção de acidentes.
- **Método da Propensão a Pagar:** Os custos são dados pela estimativa do montante que os indivíduos estariam dispostos a pagar na prevenção de acidentes. Quanto maior a aversão da sociedade aos danos causados pelos acidentes de transito, maior seria a disposição dos indivíduos a pagar para evitar que os acidentes aconteçam.

2.2.4 Externalidades ambientais da atividade econômica

O objetivo de crescimento econômico traz freqüentemente conseqüências ambientais não desejadas, provocando perdas à ecologia, à saúde e ao bem-estar da coletividade. Os ecologistas acostumam dizer que a contaminação ambiental é a filha bastarda da industrialização desenfreada. Mas os dejetos, os resíduos industriais e a poluição do ar não são os únicos responsáveis pela contaminação ambiental. Com muita propriedade, afirma-se que a poluição nos países mais pobres resulta da insuficiência da oferta dos serviços públicos de saneamento. Outras perdas resultam da falta de informação perfeita sobre as conseqüências indiretas dos projetos.

Não importa, porém, qual a causa principal da não-incorporação das externalidades na avaliação dos projetos; cedo ou tarde, a coletividade terá que pagar um preço para tentar remediar as decisões erradas do passado, ou ainda pior, tomadas em outras regiões.

O preço social da agressão ao meio ambiente assume várias formas, como a queda na qualidade de vida nas cidades, maiores gastos com saúde e previdência, perda de capacidade produtiva da população, destruição de monumentos e de materiais, etc. Infelizmente, as regiões e países com desejo de rápido desenvolvimento justificam a agressão ao meio ambiente com o argumento de que seus efeitos são temporários, pois, mais tarde, sobrarão recursos suficientes para reparar as perdas ecológicas; sendo um argumento análogo ao de "crescer para depois distribuir a renda". Existem soluções que permitem conciliar, ainda que imperfeitamente, a melhoria do bem-estar material com a qualidade de vida de gerações futuras, é o chamado crescimento sustentável.

Para que os efeitos ecológicos sejam incluídos na avaliação do projeto, é preciso que o meio ambiente seja considerado como um fator de desenvolvimento econômico, sujeito a escassez e com custo alternativo não nulo. Caso contrário, não tem sentido enquadrar os efeitos ambientais na análise econômica. Os efeitos sobre a ecologia eram totalmente ignorados até a década de 60. Hoje, a crescente conscientização da coletividade para tais problemas não permite que externalidades deste tipo sejam negligenciadas. Faltam, entretanto, os instrumentos metodológicos para aplicação, problema agravado pela carência das informações apropriadas, compreensão imperfeita dos níveis de poluição e seu controle.

2.2.4.1 Controle do meio ambiente

É inevitável recorrer ao controle impositivo sobre os danos ao meio ambiente. Aceitar e acreditar que a sociedade evite voluntariamente, ou seja, sem nenhum estímulo monetário de terceiros, a destruição ambiental é crer ingenuamente nas boas intenções e na infalibilidade da consciência coletiva. O problema é que o custo do controle, independentemente se resultante de impostos e subsídios; é visível, contabilizado e apropriado por alguém, em quanto que a degradação ambiental tem efeitos distribuídos e às vezes pouco perceptíveis no curto prazo.

O controle da poluição ambiental envolve dois tipos de custos: o custo dos filtros e instalações e o custo de regulamentação e imposição da lei. O primeiro tipo, decorre dos controles das emissões junto a sua própria fonte, geralmente nas fábricas e indústrias. São custos internalizados pelo setor privado. Os custos da regulamentação, por sua vez, são absorvidos pelo setor público e compreendem todos os recursos despendidos em desenvolver e policiar a obediência aos limites máximos de poluição.

As perdas resultantes da poluição na agricultura são crescentes e perduram por vários anos, mesmo após o fim da fonte causadora. Isto significa que enquanto perdurarem, as perdas devem ser abatidas dos benefícios diretos do projeto causador das externalidades. Os efeitos dos danos ambientais na saúde e capacidade de geração de renda são de tratamento mais difícil. A referência clássica ao tema é o trabalho de Baumol W. e Oates W. (1982).

Os efeitos dos danos ambientais concentram-se nas classes de rendas mais baixas. A vida humana é afetada pelos danos ambientais de quatro formas: no

encurtamento da vida das pessoas afetadas; na capacidade produtiva e de geração de renda; nos custos de remédios e de tratamentos médicos; e na satisfação e qualidade de vida.

Em fim, os efeitos econômicos da poluição seriam mensurados pela diferença entre o valor presente esperado do “projeto” do indivíduo e o do projeto de uma pessoa antes sadia, e agora afetada pela doença ou com morte prematura. A distribuição dos casos esperados por classes etárias, sexo e renda forneceria o valor total do sacrifício em saúde e vidas provocado pela poluição.

A melhoria potencial de Pareto utiliza o critério de que os ganhos líquidos devem ser distribuídos de tal forma que, pelo menos, uma pessoa fique em melhor situação, sem que ninguém seja prejudicado. Quando aplicado ao cálculo da vida humana, este critério exige que a perda da vida ou saúde de uma pessoa seja avaliada pela quantia que estaria disposta a aceitar em troca de sua vida. Isso não existe, uma vez que ninguém estaria disposto a receber uma quantia, para aceitar a morte voluntariamente. Não sendo possível obter uma potencial melhoria de Pareto, retorna-se ao impasse inicial de como mensurar as externalidades sobre a saúde e a vida humana. No entanto, o impasse existe apenas em condições de certeza; na prática, as condições são outras.

Consequentemente, o enfoque do valor presente líquido sacrificado é uma alternativa metodológica aceitável para o cálculo das externalidades na saúde e na vida humana. Portanto, a medida do valor presente líquido, dado pela diferença entre o fluxo de atividades e o consumo de cada indivíduo, é uma subestimativa do verdadeiro valor da externalidade.

Do ponto de vista da avaliação social de projetos, a mensuração é mais simples do que a solução para os problemas causados pelos danos ambientais. Em fim, a resposta não é simples e direta, sendo impossível separar a questão social da questão ambiental, mas não é preciso esperar soluções para o meio ambiente para então abordar os problemas sociais.

2.2.4.2 Custos e benefícios externos

Existem significantes efeitos ambientais gerados que não aparecem na análise econômica de oferta e demanda básica, nem estão refletidos no equilíbrio de mercado do mundo real dos preços e quantidades produzidas do produto analisado, a menos que leis e instituições específicas sejam criadas para abordá-los. São o que os economistas chamam de externalidades ambientais.

Claramente, a produção e uso desse produto de análise incorrem em custos reais não incluídos na planilha de custos das fábricas; negligenciar esses custos produz um quadro distorcido da realidade. Para melhorar nossa análise de oferta e demanda de forma a incluí-los, deve-se olhar por formas de internalizar as externalidades, trazendo esses custos ambientais para dentro da análise de mercado.

O problema ao fazer isto é atribuir um valor monetário aos danos ambientais. Em alguns casos, os danos econômicos podem ser identificáveis, mas em

outros casos o processo é muito mais complexo e as externalidades são difíceis de quantificar, ou seja fatores menos tangíveis, como será visto no cálculo do VET, e portanto difíceis de resumir em um indicador monetário.

A figura 5. mostra uma simples forma de introduzir esses custos na análise da oferta e demanda. No exemplo tem-se, a curva de oferta de automóveis (S) já embute todos os custos de produção de automóveis, incluindo trabalho, capital e matéria-prima. Juntamente com a curva de demanda (D), determina um equilíbrio de mercado e, com preço P1 e quantidade Q1. Simplesmente adicionamos nesses custos uma estimativa dos custos externos associados com os danos ambientais. Isto nos dá uma nova curva mais elevada mostrando a combinação de custos de mercado e custos externos. Esta curva S' delineia um esquema de custos sociais, mostrando os custos reais para a sociedade da operação dos automóveis, levando em consideração ambos os custos de produção e as externalidades ambientais.

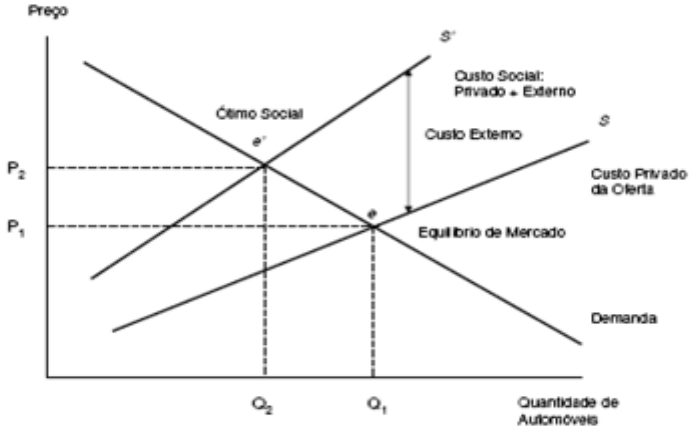

Figura 5. Mercado de automóveis com custos externos. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

Também pode-se incluir nos custos sociais outras externalidades não estritamente ambientais. S' reflete o impacto de todos esses não intencionais, mas significantes efeitos associados com a produção e uso de automóveis.

Agora vamos considerar como a introdução das externalidades incorporadas na oferta e demanda afetam o equilíbrio econômico. Naturalmente, desenhando uma nova curva em um gráfico não tem nenhum efeito nas decisões no mundo real para os produtores e consumidores de automóveis, mas afeta nosso entendimento do equilíbrio de mercado. Na teoria neoclássica de preços, o equilíbrio de mercado se atinge quando é gerado eficiência econômica no mercado de automóveis. Uma vez introduzidos os custos de externalidades em nossa análise, este conceito de equilíbrio eficiente muda.

Por que o processo de mercado automaticamente equilibra os benefícios para os consumidores (refletidos na curva de demanda) e os custos de produção (refletidos na curva de oferta), assegurando que "a quantidade certa" de carros seja produzida a um preço que de fato reflete os custos de produção. Mas se acreditamos que o processo de mercado falta os significativos custos extras, chamadas externalidades ambientais, não podemos mais considerar o equilíbrio alcançado pelo mercado como eficiente. Deste ponto de vista, a

quantidade errada de carros está sendo produzida a um preço que falha em refletir os verdadeiros custos.

2.2.4.3 Ótimo de Pareto

O economista Vilfredo Pareto especificou como condição para a alocação ótima de recursos a situação segundo a qual é impossível que todos os indivíduos ganhem como conseqüência de uma troca posterior, que é conhecida como condição de eficiência de Pareto. Assim, um estado da economia ambiental é eficiente no sentido de Pareto quando não há nenhuma possibilidade de se melhorar a posição de pelo menos um dos agentes dessa economia sem que com isso a posição de um outro agente seja piorada. Também é chamada de alocação ótima dos recursos de Pareto, otimização de Pareto, máximo de Pareto e critério de Pareto.

Esse critério tem extrema importância quando buscamos estabelecer um ponto de equilíbrio entre produção e poluição. O ponto de ótimo se dará quando a sociedade definir o nível de poluição aceitável e as indústrias limitarem sua produção a um nível economicamente viável e satisfatório às condições estabelecidas pela sociedade. Kahn (1998) chama a atenção para o fato de que as externalidades são provavelmente uma das maiores e mais importantes falhas de mercado. Na esfera ambiental, sem dúvida, a poluição pode ser considerada como a mais importante falha de mercado.

2.2.4.4 A tragédia dos comuns

A exploração excessiva de recursos de propriedade comum é denominada por alguns economistas de “a tragédia dos comuns”, fazendo referência a um artigo de mesmo nome escrito pelo biólogo Garret Hardin em 1968. Nesse artigo, Hardin afirma que a maioria dos problemas ambientais provém de uma causa única: a utilização inadequada de recursos que são de propriedade comum. Como o ar, a água, a maioria das espécies animais e as áreas verdes não têm um proprietário definido, as pessoas tendem a se comportar como se todos tivessem direitos sobre esses bens; no entanto, ninguém se responsabiliza pelas obrigações de preservação desses recursos.

Quando algo não tem dono, ou seja, não tem propriedade definida, como, por exemplo, a camada de ozônio, não costumamos atribuir valor a esse bem e, em conseqüência, não nos preocupamos em mantê-lo. Como resultado disso, quem se utiliza desses recursos “comuns” é onerado apenas por uma pequena parcela dos custos sociais de seus próprios atos, e como esse bem não tem um dono que cobre por seu uso, não nos preocupamos em não desperdiçá-lo, tendendo a usar até o limite da escassez.

Esse problema não é novo. Ele existe desde que os seres humanos começaram a ocupar o planeta. Para muitos ambientalistas, a solução de “a tragédia dos bens comuns” seria mudar a natureza humana, através da conscientização, da informação e, principalmente, através de penalidades na forma de taxas e multas. Para os defensores da atuação direta da iniciativa privada, podem existir ainda alguns incentivos que façam com que as curvas de demanda e de oferta desses produtos sejam controladas e aproximem-se de um ponto de equilíbrio.

Podemos entender que o maior problema dos bens públicos é como cada um lhes atribui valores diferentes. Isso gerará uma produção ineficiente desses bens, pois sempre será escassa para os indivíduos que lhes atribuem maior valor, e excedente para os que lhes atribuem menor valor; exatamente por isso, consomem além da necessidade. Sendo assim, podemos dizer que bens públicos serão produzidos sempre de forma ineficiente, por causa do comportamento *free rider* ou "carona" (restrições que serão analisadas na frente).

2.2.4.5 Internalização dos custos ambientais

Se as externalidades significativas existem, o que pode corrigir este equilíbrio de mercado ineficiente é a internalização dessas externalidades, as quais podem ocorrer de várias formas. Um exemplo seria uma taxa sobre os automóveis. Pode-se chamar isto de taxa de poluição, cujo objetivo não é primeiramente aumentar a receita do governo (embora seja um dos resultados), mas transferir para os compradores de automóveis os custos ambientais reais de suas ações.

A figura 6 mostra o impacto de tal taxa sobre um mercado de automóveis. No novo equilíbrio *e'*, o preço sobe para P_2, e a quantidade consumida diminui para Q_2. Do ponto de vista da eficiência econômica, esses são efeitos positivos. Os consumidores podem reclamar sobre elevação dos preços, mas esses preços refletem os custos reais do uso do automóvel para a sociedade. Uma quantidade menor de carros será vendida, o que reduz a poluição. Estamos agora mais perto do verdadeiro equilíbrio eficiente, ou ótimo social, do que estávamos no equilíbrio de mercado não modificado *e*.

Outras questões, os automóveis e a gasolina são bens complementares, significando que tendem a ser usados conjuntamente, portanto podemos internalizar os efeitos da poluição dos automóveis seja taxando os próprios carros, ou taxando a gasolina, ou taxando as emissões. Independente do mecanismo exato que usamos, a idéia de internalizar os custos ambientais através de algum tipo de taxa é bem apoiada pela teoria econômica.

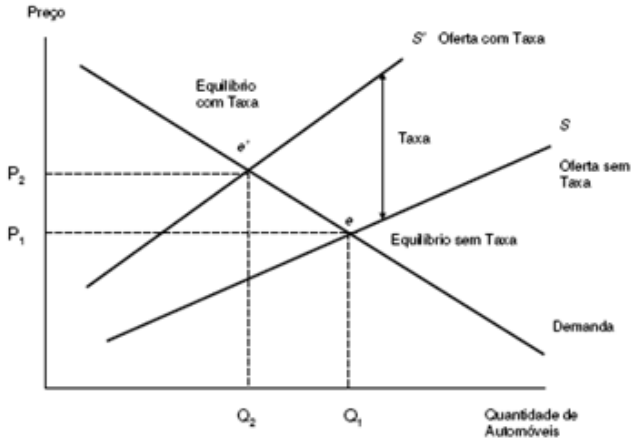

Figura 6. Mercado de automóveis com taxa de poluição. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

Outras políticas, porém, podem algumas vezes provar preferíveis para uma taxa de poluição. A regulação do governo, tal como padrões de emissões de chaminés ou padrões de emissões requerendo certos níveis de eficiência de combustível médio, tem um efeito similar. Eles reduzem o consumo de combustível total e poluição total. Tais requerimentos para motores mais eficientes e menos poluidores também tendem a elevar o preço de compra dos automóveis (embora uma maior eficiência de combustível reduzisse os custos de operação).

2.2.4.6 Externalidades positivas

Assim como é interesse da sociedade internalizar a poluição, é também socialmente benéfico internalizar os benefícios sociais das atividades que geram externalidades positivas. Por exemplo, muitas cidades suburbanas e rurais têm instituído programas de preservação de terras devolutas. Independente das razões particulares dos proprietários privados de manter a terra natural ou usá-la para agricultura, significando benefícios externos originando-se de tais usos: outros que vivem na cidade podem desfrutar da vista das áreas naturais e terras agrícolas próximas às suas casas. Um cenário bonito pode significativamente aumentar os valores das propriedades do entorno, enquanto um desenvolvimento industrial ou residencial nas proximidades iria reduzi-las. Os benefícios externos não estão limitados aos residentes da cidade. As pessoas que passam pelo lugar, ciclistas, turistas interestaduais etc., podem todos ganhar satisfação, ou utilidade, da paisagem prazerosa.

A Figura 7 mostra uma análise econômica desta situação. Os benefícios marginais sociais excedem os benefícios marginais privados porque incluem ganhos dos vizinhos e visitantes bem como os proprietários privados. A curva de demanda de mercado para usos rurais da terra refletirá os benefícios privados, mas não os benefícios sociais, levando a um equilíbrio de ótimo privado. No ótimo social Q_s, incluindo os benefícios dos não proprietários, uma grande quantidade de terras permanece como devolutas e rurais do que num equilíbrio de mercado privado Q_p.

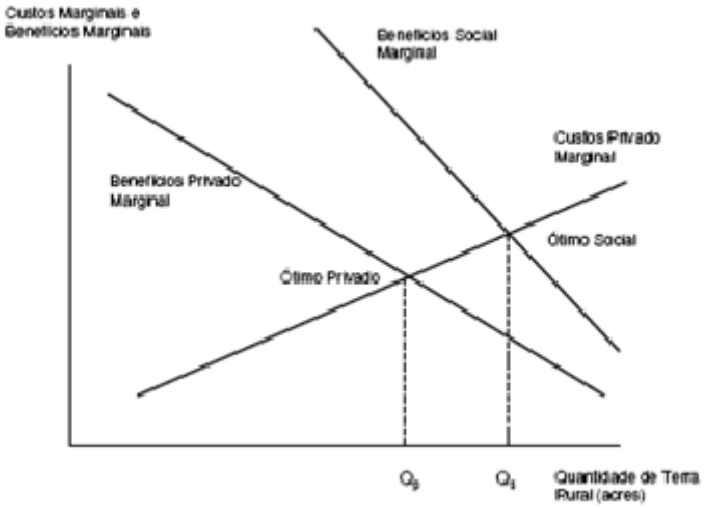

Figura 7. Uma externalidade positiva. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

2.2.4.7 Poluição Ótima

Esta análise leva ao conceito que para alguns parecem paradoxal: a doutrina da poluição ótima. Em nosso equilíbrio socialmente ótimo Q_1, ainda temos algum custo de poluição (a parte de C' à esquerda de Q_1). De acordo com a análise feita, este é o montante "ótimo" de poluição, dado os custos correntes de poluição e tecnologias, mas poderíamos nos opor. Os economistas, dizem que a única forma para alcançar poluição zero é ter produção zero. Se quisermos produzir virtualmente qualquer bem manufaturado, alguma poluição irá resultar. A sociedade deve decidir que níveis de poluição está disposta a aceitar.

Naturalmente, podemos lutar por reduzir este nível ao longo do tempo, especialmente através de melhor tecnologia de redução de poluição, mas tão logo tenhamos produção, teremos um nível de poluição "ótimo". Numa escala global, o potencial é enorme para aumento da poluição de automóveis à medida que a demanda aumenta. Certamente poucos chamariam isto tendência "ótima".

2.2.4.8 Direitos de Propriedade

A teoria das externalidades também trás a tona outra questão fundamental, a dos direitos. Quando falamos sobre preços, valores, e custos, nossa discussão é de fato sobre direitos subjacentes. Os padrões de alocação dos recursos são determinados pela atribuição dos direitos subjacentes.

2.2.4.9 Taxa Pigouviana

Este método de responder às externalidades é conhecido como taxa Pigouviana, em homenagem a Arthur Pigou, um reconhecido economista inglês que publicou sua Economics of Welfare em 1920. Tem sido conhecido como o princípio poluidor-pagador, que soa como uma solução razoável para muitas pessoas. Porém, a abordagem Pigouviana tem sido criticada pelos teóricos econômicos que têm apontado que atribuindo a responsabilidade para uma externalidade não é sempre tão simples.

Trata de um imposto sobre unidade de poluição emitida que deve ser igual ao custo marginal imposto à sociedade dessa poluição no nível ótimo da emissão. Pode-se dizer que pelo menos desde Pigou, em 1918, os economistas passaram a reconhecer a possibilidade de haver diferenças entre o custo privado e o custo total.

2.2.4.10 O Teorema de Coase

O teorema de Coase, em homenagem a Ronald Coase, um economista premiado com o Nobel que discutiu exemplos de direito de propriedade similares e externalidades em seu famoso artigo "O Problema do Custo Social". O teorema de Coase estabelece que se os direitos de propriedade são bem definidos, e nenhum custo de transação existe, uma alocação eficiente dos recursos irá resultar mesmo com externalidades. O princípio do teorema de Coase pode também ser expresso em termos de um direito à poluição. Os custos de transação são custos envolvidos em alcançar e implantar um acordo.

Esses podem incluir custos de obtenção de informação (tais como pesquisa da terra), tempo e esforço gasto em negociações, e custos de fiscalizar o acordo.

A poluição e outras externalidades podem ser eficientemente controladas através de negociações voluntárias entre as partes afetadas, isto é, entre poluidores e vítimas de poluição. Coase criticou a teoria de Pigou em um importante ponto: a ausência da consideração de custos de transação.

A principal maneira de solucionar o problema sem recorrer diretamente à intervenção governamental implica internalizar as externalidades, porque, como dito, por vezes a fonte de uma externalidade encontra-se tipicamente na ausência de direitos de propriedade bem definidos. Mas em geral é praticamente impossível aplicar esta solução, por exemplo no caso do "ar limpo" seria complicado definir os direitos de propriedade. Remete nos novamente ao problema da "tragédia dos comuns".

Isto soa estranho, mas é similar ao princípio embutido, por exemplo, na Emenda da Lei do Ar Limpo dos EUA de 1990. Esta lei cria um sistema de permissões transferíveis de poluição para emitir tais poluentes como óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio; essas permissões podem ser transacionadas entre as indústrias poluidoras, assegurado que eles as comprem de outras firmas que reduzam poluição por um montante equivalente. Por controlar o número total de permissões editadas, o governo pode gradualmente reduzir a poluição total.

É também possível para os grupos de interesse público comprar permissões de poluição e retirá-las, reduzindo permanentemente os totais de poluição. Em efeito, este sistema torna a poluição, e a redução de poluição, em um bem de mercado. Do ponto de vista econômico, tem a vantagem da eficiência e pode ser uma aplicação prática do princípio do "direito de poluir". De acordo com Ronald Coase, o setor privado, em certas circunstancias, pode ser bastante efetivo na hora de solucionar as externalidades geradas.

2.2.4.11 Limitações do Teorema de Coase

O mesmo funciona quando as partes envolvidas não têm problemas para conseguir e fiscalizar/manter um acordo. Isto nem sempre acontece, algumas vezes as partes interessadas não internalizam a externalidade por causa dos custos de transação, sendo estes aqueles custos que as partes incorrem no processo de acordar a realizar efetivamente a um negócio. A Lógica de Coase é a seguinte: os mais eficientes a cumprir limites vendem os seus direitos aos menos eficientes a reduzir a poluição gerada.

De acordo com o teorema de Coase, a atribuição clara dos direitos de propriedade parece prometer soluções totalmente eficientes para os problemas envolvendo externalidades. Em teoria, se podemos claramente atribuir os direitos de propriedade a todas as externalidades ambientais, nenhuma intervenção adicional do governo seria necessária. Os indivíduos e empresas negociariam todo o controle de poluição e outras questões ambientais entre eles mesmos uma vez claramente definido quem teria o "direito para poluir", ou o "direito para ficar livre de poluição".

Esta é a base para a abordagem conhecida como ambientalismo de livre mercado. Em efeito, esta abordagem busca trazer o ambiente para dentro do mercado por estabelecer um sistema de direitos de propriedade no ambiente e permitir o mercado livre resolver questões de uso do recurso e regulação de poluição. Esta abordagem tem significante potencial, especialmente em áreas tais como direitos da água. Novos mercados podem envolver, tais como um mercado em permissões comercializáveis para poluentes atmosféricos. Mas esta abordagem também põe significativos problemas, em termos de ambos a eficiência e a equidade. O uso dos mecanismos de mercado para solucionar problemas ambientais acaba tendo limitações cruciais.

a) **O Efeito do *Free Rider***

Uma importante limitação deriva da suposição de nenhum custo de transação, declarada no teorema de Coase. Em casos mais típicos, as questões ambientais afetam muitas partes, alguns ficam aguardando que os outros indivíduos envolvidos comecem a negociar, tomando assim a iniciativa, enquanto eles ficam esperando o resultado dessa negociação para agir ou não, obtendo benefícios de controle de poluição gratuitamente. Esta barreira ao sucesso da negociação é conhecida como free rider effect (efeito dos caroneiros ou aproveitadores).

b) **O Efeito do Boicote**

Um problema conhecido como hold-out effect ou “efeito de amarrar a pauta de votação” ou “efeito de boicote”. Suponha que quase todos os envolvidos tenham firmado um acordo com o externalizador. O último que ainda não assinou acordo nenhum poderia demandar uma taxa bem maior da compensatória, portanto na dependência de seu consentimento todo o acordo com o externalizador irá fracassar.

c) **Escolha Social versus Escolha Privada**

Em geral, o teorema de Coase é inaplicável quando muitas partes são afetadas. Tais casos requerem regulamentação, uma taxa Pigouviana, ou outra forma de intervenção governamental. O governo federal ou estadual poderia estabelecer um padrão para efluentes hídricos ou uma taxa por unidade de efluente. Embora a taxação tenha seu impacto através do processo de mercado, isto não seria uma solução puramente de mercado porque os oficiais de governo determinariam o grau de regulação ou taxação. Os economistas chamam isto de um processo de escolha social ao invés do processo de escolha privada particular das soluções de mercado.

d) **O Problema da Equidade**

As políticas ambientais baseadas nos direitos de propriedade privada e soluções de mercado podem ser economicamente eficientes, mas podem também levantar questões de equidade. Nem todos os envolvidos têm o mesmo poder de negociação.

2.2.4.12 Direitos X Impostos

Os direitos de poluição negociáveis podem parecer diferentes do imposto Pigoviano, mas na verdade são similares, como se pode constatar na Figura 8:

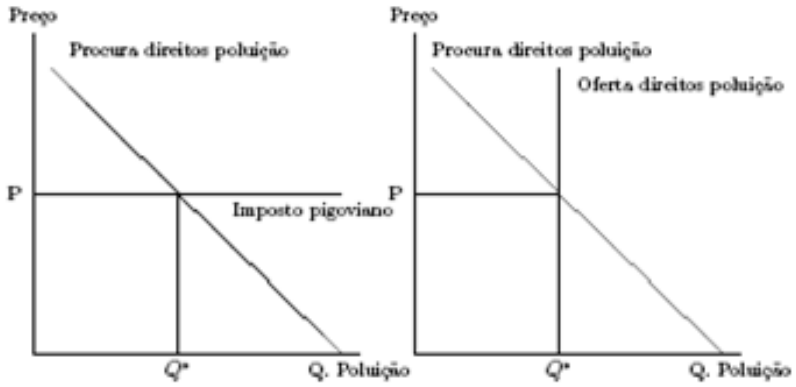

Figura 8. Direitos de poluição transacionáveis X Imposto Pigoviano. Fonte: Projetos sociais: avaliação e prática. Cláudio R. Contador.

- Em ambos os casos as firmas pagam para poluir;
- Com impostos pagam ao governo;
- Com os direitos as firmas pagam os direitos, mesmos as firmas que já têm esses direitos. Pagam o custo de oportunidade de usar o direito em vez de vendê-lo.
- Em ambos os casos as firmas internalizam os custos de poluir.

2.2.4.13 Objeções à análise econômica da poluição

"Não podemos dar a ninguém a opção de poluir por um preço". Os economistas não têm simpatia por este tipo de argumento. Um dos princípios básicos de economia é o de que as pessoas têm que optar (trade-offs). Certamente que ar puro tem valor, mas temos que comparar com aquilo que temos de deixar de ter para o obter, ou seja o custo de oportunidade. Eliminar por completo a poluição causaria reversões tecnológicas. Poucas pessoas estariam na predisposição de aceitar má nutrição, maus cuidados médicos para tornar o ambiente o mais limpo possível.

Os economistas argumentam que os ambientalistas penalizam a sua causa por não pensarem em termos econômicos. Um ambiente limpo é um bem como qualquer outro.

i) Como todos os bens normais têm elasticidade-rendimento da procura positiva: países ricos têm mais disponibilidades para ter um ambiente limpo do que países pobres.
ii) Água e ar limpos obedecem à lei da procura. Quanto mais baixo o preço de proteção ambiental, maior será a procura.

É também possível que, mesmo se o direito fosse atribuído à comunidade, as comunidades pobres iriam aceitar instalar a disposição de resíduos tóxicos e outras instalações poluidoras em função da necessidade desesperada por fundos compensatórios. Embora isto pareça consistente com o teorema de Coase, é uma transação voluntária, muitas pessoas diriam que nenhuma comunidade deveria ser forçada a transacionar a saúde de seus residentes por fundos que se necessita. Uma crítica importante do ambientalismo de mercado livre é que sob um sistema de mercado puro as comunidades e indivíduos mais pobres irão geralmente suportar o maior encargo dos custos ambientais.

2.2.5 Revisão das correntes metodológicas econômicas neoclassistas e institucionalista-ecológicas e a respectiva valoração ambiental das externalidades.

Somente a partir da revolução marginalista, em 1870, é que questões ambientais começaram, mesmo que timidamente, a serem debatidas. Mais precisamente, o debate iniciou-se após a reaproximação dos marginalistas ingleses, austríacos e franceses em uma única escola, denominada neoclássica.

A partir das divergências das escolas neoclássicas e institucionalistas-ecológicas, cujas raízes estavam nos Estados Unidos da América e formaram uma espécie de dissidência do pensamento marginalista originado em solo europeu, é que questões como as alternativas de resolução ou diminuição do impacto de externalidades negativas no meio ambiente, provocado pelo crescimento e/ou desenvolvimento econômico, passaram a ser discutidas com maior relevância, bem como as questões de quando deve ocorrer renúncia econômica em favor da preservação ambiental e quando se pode crescer economicamente, mesmo com algum prejuízo ao meio ambiente, e, finalizando, no caso de um ou mais agentes econômicos envolvidos, se a forma de compensação por um prejuízo à natureza, que venha a atingir pelo menos um dos atores, deve se dar por livre acordo entre as partes envolvidas, ou por ação direta do governo.

Os dois modelos, neoclássicos e institucionalistas, conseguem apresentar soluções satisfatórias, porém não completas dos problemas causados pelas externalidades negativas de forma ampla.

2.2.5.1 Valoração ambiental na economia neoclássica

A abordagem neoclássica postula que o Bem-Estar do indivíduo como finalidade última é devidamente expressa por meio do ordenamento de preferências dos indivíduos, e tal ordenamento, por sua vez, se expressa em unidades monetárias. Uma vez expresso o Bem-Estar monetariamente, enquanto preferências ou utilidades, este passa a constituir-se também em categoria econômica e, com isso, essa abordagem utilitarista estabelece pronta e diretamente, por definição, um denominador comum para a mediação automática entre os valores sociais resumidos a Bem-Estar e os valores econômicos, pois leva aos primeiros a uma expressão subjetiva e monetária dos indivíduos.

A economia ambiental neoclássica, baseada na teoria neoclássica do Bem-Estar e dos Bens Públicos, conforma e se apóia em seu conceito de externalidades e, correspondentemente, de valor ambiental, definido em termos da utilidade ou preferências que os indivíduos atribuem ou associam, em termos monetários (sua disposição-a-pagar, DAP), aos bens, serviços, amenidades ou desamenidades ambientais.

A racionalidade utilitarista não guarda compromisso com a racionalidade subjacente à idéia de sustentabilidade. Como decorrência, observa-se uma não-correspondência entre o “uso ótimo” (ótimo social intertemporal)

determinado pela otimização neoclássica e o “uso sustentável”, os quais em última instância são categorias que atendem a critérios distintos: o de eficiência e o de eqüidade, respectivamente (Amazonas, 2001).

Vale apontar que a economia neoclássica, ao compreender os valores ambientais apenas e exclusivamente por meio das preferências/utilidades dos indivíduos, torna-os “econômicos” por esta via, e acaba por tratar a questão ambiental a partir da dicotomia entre valores “de mercado vs. não-mercado”, e não entre valores “econômicos vs. não econômicos”, pois para ela todo valor é sempre econômico no sentido estrito.

2.2.5.2 Valoração ambiental na perspectiva institucionalista-ecológica

Em oposição ao reducionismo individualista e ao hedonismo utilitarista da abordagem neoclássica, encontra-se um campo de elaboração teórica formado por abordagens que se desenvolveram tomando o espaço institucional, em vez do indivíduo, como centro analítico; em vez de tomarem as utilidades ou preferências individuais como o elemento por excelência determinante dos valores econômicos (e portanto a agregação destas como determinante do conjunto social de valores), tomam os valores como o resultado da institucionalização de opções e dinâmicas sociais, o que conforma um marco teórico mais sistêmico ou orgânico, não subordinado a preferências individuais. Tais abordagens constituem um campo comum que aqui podemos designar como “teoria institucional”.

A externalidade é aqui entendida como uma estrutura institucionalizada e também intimamente associada a custos decorrentes do processo de mudança técnica, o que lhe dá um caráter eminentemente dinâmico. Assim, a dinâmica institucional deve ser considerada no que toca ao papel proativo das instituições em regulamentar e delinear os espaços em que deve dar-se a própria mudança técnica (Amazonas, 2001). É nesse sentido que Swaney propõe que a aplicação de critérios econômicos seja condicionada e sujeita a restrições de critérios ecológicos determinadas institucionalmente. Para Swaney, é necessária a adoção do princípio de sustentabilidade coevolutiva, o qual reconhece explicitamente que os sistemas ambientais evoluem separada mas interdependentemente a trajetórias de desenvolvimento econômico que podem ou não ser sustentáveis (Swaney, 1987).

2.2.5.3 Comparação da valoração ambiental nos enfoques neoclássico e institucionalista-ecológico.

Segundo Serão de Mota (1990) citado em Togeiro (1998): “Externalidades surgem quando o consumo ou a produção de um bem gera efeitos adversos (ou benéficos) a outros consumidores e/ou firmas, e estes não são compensados efetivamente no mercado via sistema de preços.” Conforme os neoclássicos, dar-se algum tipo de compensação entre as partes envolvidas pela ocorrência da externalidade negativa, sem necessitar de intervenção do governo (Togeiro, 1998).

Uma vez definido que, salvo através da utilização de controles tecnológicos, a redução do nível ótimo de poluição implica a renúncia de atividades produtivas,

deve-se estabelecer uma forma de regulamentação e fiscalização dos níveis de externalidades negativas geradas pelo crescimento econômico. A dúvida em questão é como isto deve ser feito: com base na ótica neoclássica, preferencialmente via incentivos econômicos, ou institucionalista-ecológica, por meio de arranjos institucionais controlados pelo governo.

Sendo o objetivo a resolução ou diminuição desta externalidade negativa, surgem duas propostas, segundo Togeiro (1998):

a) regulação direta do comportamento do poluidor por autoridades governamentais;

b) incentivos econômicos para induzir o próprio poluidor a tomar a iniciativa de reduzir seus níveis de poluição.

Devido ao caráter liberal da escola neoclássica (mainstream), a opção pelos instrumentos econômicos é preferida em relação à regulação direta, denominada policy-makers. Enquanto Pigou defendia o princípio do poluidor-pagador, Coase afirmava que em uma economia em que todos os ativos pertencem a alguém não haveria a necessidade de regulação por parte do governo, pois isto seria feito pelo próprio mercado.

Os opositores de Coase, alegavam haver diversas inconsistências no Teorema, como: falta de clareza dos direitos de propriedade, custos de produção elevados, comprometimento do desenvolvimento sustentável, e problemas gerados pela propriedade coletiva do meio ambiente. Em função disso, os opositores afirmavam ser a solução negociada é restrita a poucos casos, ficando a cargo das autoridades governamentais a resolução da maioria dos conflitos.

A escola institucionalista, desde sua fundação por Thornstein Veblen, mostrou-se preocupada em incluir arranjos institucionais, relações de poder e regras do jogo. A abordagem holística, multimétodica e interdisciplinar dos institucionalistas enfatiza o caráter dinâmico e histórico no trato dos problemas econômicos, baseado em padrões tecnológicos, institucionais, de costumes e valores (Togeiro, 1998; Alier, 1998). No entanto, apesar da oposição da escola ao mainstream, não surgem propostas institucionalistas concretas para a resolução dos problemas ambientaislístico.

Apesar dessas divergências, as duas escolas são defensoras do uso racional dos recursos naturais, apresentando certa maleabilidade nos instrumentos desta preservação os neoclássicos analisam a viabilidade econômica, enquanto os institucionalistas detêm-se na restrição ecológica regulando os instrumentos de política ambiental.

2.2.6 Mensuração das externalidades: valoração econômica e compensação ambiental.

A situação ideal, sob o ponto de vista alocativo, seria internalizar completamente as externaldiades, ou seja transformar um subproduto incidental, como a poluição, num produto com preço de mercado. Infelizmente, é muito limitado o número de externalidades passíveis de internalização através do mecanismo de mercado. Assim, como não se tem condições de

gerar um mecanismo eficiente de mercado para tais fenômenos, resta-nos apenas desenvolver metodologias para seu cálculo. Por isso, tais externaldiades não podem ser ignoradas na avaliação social de projetos.

Desde o início, deve ficar claro que não existe uma metodologia perfeitamente estabelecida e aceita para quantificar as externalidades. Merece destaque o §1^0 do Art. 36 da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e foi regulamentado pelo Decreto nro. 4340, de 22 de agosto de 2002, alterado pelo Decreto no 5565/2005. Nele está expresso que: "o montante de recursos a ser destinado pelo empreendedor para esta finalidade não pode ser inferior a meio por cento (0,5%) dos custos totais previstos para a implantação do empreendimento, sendo o percentual fixado pelo órgão ambiental licenciador, de acordo com o grau de impacto ambiental causado pelo empreendimento".

"Esta finalidade" é a compensação ambiental. A mesma é um mecanismo financeiro de compensação pelos efeitos de impactos não mitigáveis ocorridos em decorrência de implantação de empreendimentos e identificáveis no seu processo de licenciamento ambiental. Os recursos financeiros oriundos da Compensação Ambiental devem ser destinados às unidades de conservação com o objetivo de consolidar o SNUC.

O absurdo econômico presente no § 1^0 do Art. 36 da Lei nro. 9985 de 18 de julho de 2000 transformou-se em uma impossibilidade jurídica em abril de 2008. Para poder estabelecer o valor da compensação ambiental, deve-se aprender a estimar o valor monetário do dano ambiental. É importante lembrar que na legislação brasileira a responsabilidade civil para a reparação do dano é objetiva. O poluidor é obrigado a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros independente da existência de culpa (Lei nº 6.938/81, art. 14, § 1º). Isso representa um grande desafio para os economistas ao longo das últimas cinco décadas: o fato de como estimar o valor monetário de bens públicos, como estimar o valor monetário de externalidades negativas ou positivas, entre outras questões envolvidas.

Então para estimar tal valor monetário do dano ambiental gerado aplicam-se métodos de valoração econômica de bens e serviços ambientais. Conhecer esses métodos, seus pressupostos teóricos e as suas características opcionais, tem sido objeto de estudos cuja recorrência e necessidade é cada vez maior, pois, como destaca Faria (1988), vários são os possíveis usos das estimativas obtidas por esses métodos:

- Impactos ambientais geram custos a uma Nação, afetando, por exemplo, a saúde do trabalhador e, consequentemente, a produtividade da mão de obra;
- Incorporação de "contas verdes" no sistema de Contas Nacionais;
- Instrumento de apoio na definição de prioridades nas escolhas de políticas públicas ambientais, como a busca da eficiência e da eqüidade;
- Complemento às metodologias convencionais de escolha de programas e projetos que envolvam o uso e a alocação de recursos do patrimônio ambiental;

- Instrumento auxiliar nas decisões judiciais;
- Auxiliar no processo de avaliação do desenvolvimento sustentável.

Um dano ao meio ambiente reduz a quantidade e/ou a qualidade do fluxo de bens e serviços que o meio ambiente e os recursos naturais fornecem aos seres humanos. No entanto, essa redução não esgota todas as conseqüências negativas de um dano ambiental. Esse dano pode também afetar (na verdade, normalmente afeta) o bem estar de seres humanos em um montante significativamente maior do que apenas a redução do fluxo de bens e serviços.

David Pearce (1993, prefácio, ix) resume o significado da valoração econômica de bens e serviços ambientais ao afirmar que:

> *(...) [e]conomists seek to 'measure preferences' for improvements in environmental quality and natural assets, or against their deterioration. (...) Economists do not 'value the environment'. They observe that individuals have preferences for improvements in the environment and that those preferences are held with varying degrees of intensity."*

Economistas observam o comportamento humano em busca de evidências que os permitam estimar o valor econômico dos bens e serviços fornecidos pelo capital natural. A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço ambiental pode ser mensurado através da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço (Bateman e Turner, 1992).
Pearce afirma que economistas observam o comportamento humano em busca de evidências que os permitam estimar o valor econômico total (VET) dos bens e serviços fornecidos pelo capital natural. Valorar é buscar o VET percebido pelo ser humano.

O desejável nem sempre é, no entanto, o possível em experiências concretas de valoração do patrimônio ambiental ou de danos a esse patrimônio. Muitas vezes temos que nos contentar com uma parcela do VET e não com a totalidade desse VET.

$$\boxed{\textbf{VET = valor de uso + valor de opção + valor de quase-opção + valor de existência}} \quad (24)$$

É evidente que certos componentes do VET são tangíveis, enquanto outros são intangíveis. Fica evidente, também, que alguns componentes são diretamente mensuráveis, e outros indiretamente mensuráveis. No caso específico do VET de bens e serviços (e danos) ambientais, economistas iniciam o processo de mensuração distinguindo entre valor de uso e valor de não-uso do bem ou serviço ambiental (Pearce e Turner, 1990).

O valor de uso refere-se ao uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover, enquanto que o valor de não-uso ou valor intrínseco ou valor de existência reflete um valor que reside nos recursos ambientais, independentemente de uma relação com os seres humanos, de uso efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro (Marques e Comune, 1995).

De acordo com Pearce e Turner (1990), economistas têm sugerido que o valor de existência origina-se de alguma forma de altruísmo - preocupação com outras pessoas, outros seres ou com coisas. Este altruísmo pode decorrer de:

a) motivo herança - deixar bens e serviços ambientais para seus descendentes e para gerações futuras em geral;
b) motivo presente - garantir a amigos ou parentes um presente na forma de bens e serviços ambientais; e
c) motivo simpatia - disposição de garantir a sobrevivência de, por exemplo, plantas e animais por pura e simples simpatia por estes seres.

Este último motivo pode ser interpretado como o reconhecimento, por parte dos seres humanos, do direito que seres não-humanos e as coisas têm de existir.

O valor de uso é sub-dividido em valor de uso propriamente dito, valor de opção e valor de quase-opção. O valor de opção refere-se ao valor da disponibilidade do recurso ambiental para uso futuro. O valor de quase-opção, por outro lado, representa o valor de reter as opções de uso futuro do recurso, dado uma hipótese de crescente conhecimento científico, técnico, econômico ou social sobre as possibilidades futuras do recurso ambiental sob investigação.

Muitas variantes desta classificação existem; por exemplo, segundo Boyle e Bishop (1985) é possível distinguir seis tipos de valores para um recurso ambiental. O primeiro se relacionaria com um valor de uso consumível, como pescar e caçar. O segundo seria um valor de uso não consumível, como observar passarinhos e um cenário natural. Já o terceiro valor diria respeito da possibilidade de um recurso ambiental prover serviços indiretos através de filmes de cinema, programas de televisão, etc. As pessoas podem ter satisfação pelo simples fato de uma espécie ou de um habitat existir, o que constitui o quarto elemento do valor do ambiente.

Além disso, mesmo que o indivíduo não consuma o serviço provido pelo recurso ambiental ele pode estar interessado em garantir a existência do recurso. Isto é, para ele é desejável que o recurso esteja disponível para outras pessoas agora ou no futuro. Finalmente, espécies e habitat têm o direito de continuar existindo.

Fica claro que a Valoração Econômica do Meio Ambiente passa pelo cálculo do VET para o bem ou serviço ambiental sob análise. Entretanto, como bem destacam Marques e Comune, 1995, o VET do meio ambiente não pode ser integralmente revelado por relações de mercado.

Muitos de seus componentes não são comercializados no mercado e, por outro lado, os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor da totalidade dos recursos usados na sua produção. Assim, o problema prático com valoração econômica é obter estimativas plausíveis a partir de situações reais onde não existem “mercados aparentes” ou existem “mercados muito imperfeitos”. Sendo possível obter tais valores, eles estarão captando pelo menos parte do que deve ser chamado de valor intrínseco, considerando o

ambiente como uma entidade em si mesma. Não existe uma classificação universalmente aceita sobre os métodos de valoração econômica ambiental.

Bateman e Turner, 1992, propõem uma classificação dos métodos de valoração econômica distinguindo-os pela utilização ou não das curvas de demanda marshalliana ou hicksiana (Tabela 3).

Tabela 3. Métodos para valoração monetária do meio ambiente.

Métodos para valoração monetária do meio ambiente segundo Bateman e Turner (1992, p. 123 – adaptado) `		
Tipo de Abordagem	**Tipos de Métodos**	**Observações**
A) Abordagens com Curva de Demanda	1) Métodos de Preferência Expressas 1.1) Método de Valoração Contingente (MVC)	a) Curva de Demanda de Renda Compensada (hicksiana) . Medida de bem-estar de Variação Compensatória . Medida de bem-estar de variação Equivalente
	2) Método de Preferência Reveladas 2.1) Método de Custos de Viagem (MCV) 2.2) Método de Preços Hedônicos (MPH)	b) Curva de demanda Não-Compensada (marshalliana) . Medida de bem-estar de Excedente do Consumidor
B) Abordagem sem Curva de Demanda	3) Método Dose-Resposta (MDR)	
	4) Método de Custos de Reposição (MCR)	c) Não se obtém Curva de demanda (apenas estimativas de dose de valor) . Medidas de bem-estar não confiáveis
	5) Métodos de Comportamento Mitigatório[74] (MCE)	

Fonte:Bateman e Turner,1992.

Hufschmidt et al.., 1983, fazem suas divisões de acordo com o fato da técnica utilizar preços provenientes:

- de mercados reais;
- de mercados substitutos;
- mercados hipotéticos (Tabela anterior).

Nesta classificação, as variações na qualidade de um recurso ambiental são mensuradas pelo lado dos benefícios ou dos custos resultantes destas mesmas variações. É uma avaliação da situação com a mudança no recurso ambiental e sem a mudança.

Tabela 4. Classificação das técnicas de valoração de custos e benefícios para avaliar as conseqüências sobre a qualidade ambiental.

Classificação das Técnicas de valoração de Custos e Benefícios para avaliar as conseqüências sobre a qualidade ambiental (Hufschmidt et al., 1983, p.66-67).		
	Método ou Técnica de Valoração	**Equivalente na Tabela 1**
Mercados Reais	1) Valoração de Benefícios 1.1) Mudanças no Valor da Produção 1.2) Perda de Salários/Lucros 2) Valoração dos Custos 2.1) Gastos Preventivos 2.2) Custos de Reposição 2.3) Projeto Sombra 2.4) Análise Custo-Eficiência	
Mercados Substitutos	3) Valoração dos Benefícios 3.1) Bens de Mercado como Substitutos 3.2) Abordagem do Valor de Propriedade 3.3) Outras Abordagens do Valor da Terra 3.4) Custos de Viagem 3.5) abordagem do Diferencial de Salário 3.6) Aceitação de Compensação	
Mercados Hipotéticos	4) Questionamento Direto de Disposição a Pagar 4.1) Jogos de Leilões 5) Questionamento Direto de Escolha de Quantidade (para estimar indiretamente a Disposição a Pagar) 5.1) Método da Escolha Sem Custo	

Fonte: Hufschmidt, 1983.

Observando a metodologia em uso corrente na economia ambiental, Pearce, 1993, afirma que existem quatro grandes grupos de técnicas de valoração econômica desenvolvidos a um nível sofisticado (Tabela 4).

1. O primeiro grupo é formado pelas técnicas que ele chama de "abordagens de mercado convencional" que utilizam os preços de mercado ou preços-sombra como aproximação, semelhantemente aos métodos dos mercados reais de Hufschmidt *et al.*, 1983.
2. O segundo grupo é chamado de "funções de produção doméstica (ou familiar)".
3. O terceiro, os "métodos de preços hedônicos".
4. E o quarto e último grupo são os "métodos experimentais".

Tabela 5. Classificação dos Métodos de Valoração Monetária.

Classificação dos Métodos de Valoração Monetária de acordo com Pearce (1993)		
Grupos de Técnicas	**Métodos**	**Equivalente na Tabela 1**
Abordagens de Mercado Convencional	1) Abordagem Dose-Resposta 2) Técnica de Custos de Reposição	1) MDR 2) MCR
Funções de Produção Doméstica	3) Gastos Evitados 4) Métodos de Custos de Viagem	3) MCE 4) MCV
Métodos de Preços Hedônicos	5) Preços de Casas (ou Terras) 6) Salários pelo Risco [2]	5) MPH 6) MPH
Métodos Experimentais	7) Método de Valoração Contingente 8) Método de Ordenação Contingente (ou de Preferência Estabelecida/Fixa)	7) MVC 8) Sem equivalente

Fonte: Pearce, 1993.

Já Hanley e Spash, 1993, fazem apenas uma distinção dos métodos de valoração econômica ambiental em dois grupos:

i) forma direta, como o método de valoração contingente (MVC);

ii) forma indireta, como o método de preços hedônicos (MPH) e as abordagens da função de produção, como o método dos custos evitados (MCE) e o método dose-resposta (MDR).

Tomando como referência a classificação de Bateman e Turner (1992), apresentada na Tabela 5, se analisam as características básicas dos cinco principais métodos de valoração de bens e serviços ambientais, a saber:

- Método de Valoração Contingente (MVC),
- Método de Preços Hedônicos (MPH),
- Método Dose-Resposta (MDR),
- Método Custo de Reposição (MCR),
- Método de Custos Evitados (MCE) e
- Método Custo de Oportunidade (MCO).

2.2.6.1 Método de Valoração Contingente (MVC)

A idéia básica do MVC é que as pessoas têm diferentes graus de preferência ou gostos por diferentes bens ou serviços e isto se manifesta quando elas vão ao mercado e pagam quantias específicas por eles. Isto é, ao adquiri-los, elas expressam sua disposição a pagar (DAP) por esses bens ou serviços. Isso evidencia o caráter experimental desse método e daí Pearce (1993) falar em "(...) obter as preferências através de questionário (conversas estruturadas)". Observe que o MVC mensura as preferências do consumidor em situações hipotéticas.

Existe também a disposição a receber compensação (DAC), que é o raciocínio inverso: as pessoas receberiam uma quantia monetária para tolerar determinado problema ambiental. A base teórica do método está nas preferências do consumidor, via função de utilidade individual.

O cálculo do valor econômico a partir de funções de utilidade pode ser feito por meio dos conceitos de DAP e disposição a receber compensação (DAC). O MVC busca exatamente extrair a DAP (ou DAC) por uma mudança no nível do fluxo do serviço ambiental de uma amostra de consumidores por meio de questionamento direto, supondo um mercado hipotético cuidadosamente estruturado.

E partindo dessas medidas de DAP, em princípio, pode-se obter a curva de demanda de mercado pelo bem ou serviço. A operacionalização do MVC acontece via a aplicação de questionários cuidadosamente elaborados de maneira a obter das pessoas os seus valores de DAP ou de DAC (Pearce, 1993).

Os resultados obtidos são tabulados e submetidos a uma análise econométrica de maneira a derivar valores médios dos lances de DAP ou DAC. A literatura sugere que a familiaridade com o objeto de mensuração apresenta resultados mais razoáveis (Pearce, 1993). O MVC é mais aplicado para mensuração de:

a) recursos de propriedade comum ou bens cuja excludibilidade do consumo não possa ser feita, tais como qualidade do ar ou da água;
b) recursos de amenidades, tais como características paisagística, cultural, ecológica, histórica ou singularidade; ou
c) outras situações em que dados sobre preços de mercado estejam ausentes [Hufschmidt *et al*., 1983).

2.2.6.2 Método de Preços Hedônicos (MPH)

A base do MPH, conforme Serôa da Mota (1998) é a identificação de características de um bem composto privado, cujos atributos sejam complementares a bens ou serviços objetos da valoração monetária. Quando uma pessoa vai ao mercado imobiliário comprar um imóvel, ela considera também as suas características locacional e ambiental para fazer a sua escolha.

Ao tomar a sua decisão, considerando também a percepção que essas características lhe despertam, ela está, de certa forma, "valorando" essas

particularidades do imóvel. Isso despertou no economista Ridker (1967) (em Freeman III, 1993) a possibilidade de usar os dados dos valores de propriedade residenciais para estimar os benefícios de mudanças nos parâmetros de qualidade ambiental. Esse foi o início do que viria a se chamar no futuro, o MPH.

Hoje se aceita a idéia de que os diferenciais de preço de residências refletem (também) as diferenças na intensidade de suas várias características e que essas diferenças têm relevância para análise de bem-estar aplicada. Os objetos de exploração mais recente na literatura sobre o assunto são:

a) a especificação adequada e estimação do modelo que relacione os preços das residências às características ambientais,
b) o desenvolvimento de medidas de mudança de bem-estar que façam o melhor uso dos dados disponíveis e que sejam consistentes com a teoria econômica subjacente (Freeman III, 1993).

O MPH também utiliza o instrumental econométrico para chegar aos resultados. O modelo mais utilizado é o do valor de propriedade hedônico cross-section. Assim, o preço da residência pode ser tomado como uma função de sua estrutura, vizinhança e características de qualidade ambiental da localização.

Se P_h é o preço da residência, a função pode ser escrita: $P_{hi} = P_h\,(S_i\,, N_i\,, Q_i\,)$ (25)

Onde,

- S_i representa várias características para a i-ésima unidade residencial;
- N_i representa um conjunto de características da vizinhança para a i-ésima unidade residencial;
- Q_i representa as características ambientais para o i-ésimo lugar.

Segundo Pearce, 1993, o método tem aplicação apenas nos casos em que os atributos ambientais possam ser capitalizados nos preços de residências ou imóveis. Na literatura pesquisada só foram encontrados estudos associados a imóveis e suas características ou à valoração dos riscos de morbidade e mortalidade associados a atividades profissionais.

2.2.6.3 Método Dose-Resposta (MDR)

A idéia subjacente ao MDR é bem ilustrada através do exemplo de uma cultura agrícola. Suponha uma área destinada ao cultivo que apresente erosão do solo. Para diferentes níveis de erosão, existirão diferentes níveis de produção final. Isto é, para cada “dose” de erosão do solo, existirá uma “resposta” em termos de redução na quantidade produzida da cultura. Alternativamente, pode-se utilizar os custos de reposição dos nutrientes que se perdem com a erosão de solo.

Essa perda pode ser aproximada pela aplicação de fertilizantes químicos que possuem valores de mercado explícitos (Pearce, 1993). Os gastos na sua

aquisição podem fornecer uma medida monetária dos prejuízos decorrentes da "dose" de erosão do solo. Por isso o MDR se caracteriza por utilizar preços de mercado (ou o ajustamento de preço-sombra) como aproximação (Pearce, 1993). Importante salientar que o MDR não se baseia na estimativa de curva de demanda para se chegar às medidas de bem-estar. Pearce, 1993, afirma que o método é teoricamente correto mas ele identifica que a "incerteza" está principalmente nos possíveis erros dos relacionamentos da dose-resposta.

No caso citado, a relação erosão-perda de produção agrícola. Segundo Hanley e Spash, 1993, o MDR procura estabelecer um relacionamento entre variáveis que retratam a qualidade ambiental e o nível do produto de mercado (commodity), quer em termos de quantidade quer em termos de qualidade. Isso evidencia a forte dependência desse método às informações oriundas das ciências naturais para aplicação de modelos econômicos.

A partir disso a divisão do método em duas partes:

a) derivação da dose de poluente e a função de resposta do receptor e
b) escolha do modelo econômico e sua aplicação.

Reforçando essa idéia, Pearce, 1993, afirma que "o esforço maior reside no exercício não-econômico de estabelecer os links dose-resposta." Note que o MDR é um método que trata a qualidade ambiental como um fator de produção. Assim, mudanças na qualidade ambiental levam a mudanças na produtividade e custos de produção, os quais levam por sua vez a mudanças nos preços e níveis de produção, que podem ser observados e mensurados (Hufschmidt et al., 1983).

2.2.6.4 Método Custo de Reposição (MCR)

O MCR se baseia no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (Pearce, 1993). Por também utilizar preços de mercado (ou preço-sombra), como o MDR, ele se inclui na abordagem de mercado e suas medidas não se baseiam na estimativa de curvas de demanda.

Pearce, 1993, afirma que o MCR é freqüentemente utilizado como uma medida do dano causado. Essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma outra restrição, p. e., de ordem institucional. Porém, Pearce também alerta para os riscos desse procedimento porque ao impor uma reparação a sociedade está sinalizando que os benefícios excedem os custos, quaisquer que sejam estes, e que, portanto, "os custos são uma medida mínima dos benefícios".

Outra situação de aplicação válida da abordagem do custo de reposição é quando se configura uma restrição total a não permitir um declínio na qualidade ambiental. É o que se chama de "restrição à sustentabilidade". Sob essas condições, os custos de reposição se apresentam como uma primeira aproximação dos benefícios ou dano. Restrições desse tipo fundamentam a abordagem de "projeto-sombra", que é o nome dado a qualquer projeto voltado para restaurar o meio ambiente por causa da restrição à sustentabilidade e cujo valor é um *minimum* do dano provocado (Pearce, 1993).

A operacionalização desse método é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção.

O MCR considera apenas os gastos com a reparação dos danos provocados pela redução da qualidade do recurso ambiental. No MDR, enfatiza-se a relação, digamos, mais "técnica", entre a aplicação de uma "dose" de poluição e a "resposta" na redução de quantidade produzida de um bem ou serviço.

2.2.6.5 Método de Custos Evitados (MCE)

A idéia subjacente ao MCE é de que gastos em produtos substitutos ou complementares a alguma característica ambiental podem ser utilizados como aproximações para mensurar monetariamente a "percepção dos indivíduos" das mudanças nessa característica ambiental (Pearce, 1993).

Seria o caso de um indivíduo comprar água mineral engarrafada e/ou ferver a água encanada para se proteger de uma contaminação da água servida à população no local onde reside. São esses "gastos defensivos" ou "preventivos" dos indivíduos que são considerados nesse método. No exemplo citado, os gastos são adicionados conjuntamente de maneira a englobar todos os possíveis gastos efetuados pelo indivíduo para proteger a sua saúde.

Assim, ao tomar a decisão individual de comprar esses bens substitutos, grosso modo, ele está "valorando" essa perda na qualidade do recurso água potável em termos do valor de comprar a água engarrafada mais o custo de ferver a água encanada e mais as despesas médicas e o aborrecimento inerente por contrair uma doença.

Assim, a característica dessa abordagem é que a motivação para os gastos é a necessidade de substituir por outros insumos (ou melhorar os existentes) devido à mudança na qualidade do recurso anteriormente utilizado no processo produtivo (Hanley e Spash, 1993). A operacionalização do método é feita através de modelagem econométrica e, a partir disso, a necessidade do manuseio dos dados por técnicos qualificados (Pearce, 1993).

As aplicações mais comuns do MCE estão na avaliação da mortalidade e morbidade humanas e estudos relacionados com poluição e suas implicações sobre a saúde humana (Pearce, 1993; Hanley e Spash, 1993).

2.2.6.6 Método de Custos de Oportunidade (MCO)

MCO é apresentado por Seroa da Motta (1998) como uma variante dos demais métodos de mercados substitutos, consistindo em quantificar as perdas de rendimentos devidas às restrições ambientais à produção e ao consumo (Lima, 1996). Consideremos, por exemplo, a questão dos custos sociais e econômicos que devem ser compartilhados entre os diversos agentes que usufruem dos benefícios de ações de conservar ou preservar os recursos ambientais.

Neste caso, o custo de oportunidade representa as atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção, ou seja, as perdas

econômicas da população em virtude das restrições ambientais. O método custo de oportunidade (CO) é amplamente utilizado para estimar a renda sacrificada em termos de atividades econômicas restringidas pelas atividades de proteção ambiental.

Assim, ele permite uma comparação de custos de oportunidade com os benefícios ambientais numa análise custo - beneficio (Motta, 1998). Embora a proteção ambiental seja desejável do ponto de vista social, a preservação implica num custo que deve ser mensurado para permitir a divisão entre os diversos agentes que usufruem dos benefícios da conservação (Maia, 2002).

Neste caso, o custo de oportunidade representa as perdas econômicas da população em virtude das restrições de uso dos recursos ambientais, enquanto que o benefício da conservação representa o valor de uso direto do recurso ambiental (Maia, 2002).

Para representar o cálculo do custo de oportunidade da conservação podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$CO = (R_s - C_s) + C_p \qquad (26)$$

Onde,

- CO: representa o valor do custo de oportunidade de uma área de conservação;
- R_s: é o valor da receita bruta calculado pela atividade sacrificada;
- C_s: são os custos de produção da atividade sacrificada;
- C_p: representa os custos associados às ações para proteção ambiental.

3 ANÁLISE EMPÍRICA

Conforme estabelecido na metodologia da pesquisa, com o intuito de precificar o custo social do transporte rodoviário de cargas agropecuárias feito através da atual frota autônoma de caminhões, focaliza-se primeiramente no cálculo do custo do frete, continuando com o estudo dos custos dos acidentes nas estradas e o finalizando com a cálculo do custo da poluição ambiental.

3.1 INTRODUÇÃO À MENSURAÇÃO DA EXTERNALIDADE DO FRETE

O transporte ocupa papel de destaque no processo de encaminhamento da produção agropecuária desde as propriedades rurais até o consumidor final. O mesmo é um esforço de comercialização, gerando a chamada utilidade de lugar (Mendes e Padilha Jr, 2007), envolve a escolha do modo ou dos modos que maximiza o lucro das empresas e a competitividade do produto comercializado (Bowersox, Closs e Cooper, 2006).

Atualmente, o transporte de cargas é operado por três grandes grupos, eles são: empresas, cooperativas e autônomos. Essas três categorias de atividade econômica apresentam um perfil diferenciado, principalmente no que tange ao transporte autônomo, é o transporte com menor estrutura em veículos e poder econômico.

De acordo com o Relatório Nacional dos Transportadores Rodoviários de Carga RNTRC, dados ANTT de 2008, o transporte autônomo é o que detém 57,1 % dos veículos da frota brasileira de transporte de cargas, as empresas correspondem a 42,4 % e as cooperativas somente a 0,5%. Sendo que o transporte autônomo é o mais antigo dos três segmentos e o com menor variedade de veículos. A média de idade de veículos se distribui da seguinte forma: autônomos 21,5 anos (veículos de tração 22,82 e veículos rebocáveis 14,89), empresas 10,7 anos e cooperativas 12,9 anos. Tornando a média nacional de 16,8 anos. Neste estudo a média utilizada será de 22,82 anos (arredondando 23 anos), que é a do transporte autônomo veículo de tração, frota com maior representatividade no país.

Por outro lado, sabemos que grande parte da movimentação da carga agropecuária no Brasil é feita por meio do modo rodoviário, sobretudo porque as autoridades não têm planejado o escoamento da produção de forma integrada por meio de dois ou mais modos de transporte (Mendes e Padilha Jr, 2007).

É sabido que o transporte rodoviário é capaz de operar porta a porta, requer menos investimento fixo em instalações e terminais e utiliza quase sempre rodovias financiadas e mantidas com dinheiro público. Contudo, reconhece-se que o transporte rodoviário é relativamente mais oneroso para a economia em geral, pois apresenta índices mais elevados de poluição atmosférica, provoca congestionamentos e acidentes nas estradas e é antieconômico para distâncias superiores a 500 km.

Para o cálculo da externalidade negativa do frete (através do custo de capital, operação e manutenção, COM) foram escolhidos três produtos agropecuários, justificativas das escolhas nas seções respectivas, sendo os mesmos: soja em grão, café em sacas e boi em pé.

A soja produzida no Estado do Mato Grosso, o principal produtor do país com 17,9 milhões de toneladas na safra 2008, percorre uma distância média de 1.450 km até o Porto de Santos (principal porto exportador de soja em grão do país). Segundo especialistas, a soja, por ser um produto de grande volume e baixo valor agregado, deve ser transportada, preferencialmente, por ferrovias e hidrovias. Em contradição, no Brasil atualmente, mais de 50% da soja em grão é transportada pelo modal rodoviário.

O café produzido em Minas Gerais atinge aproximadamente 24 milhões de sacas de 60 kg de café por ano, considerando uma produtividade média por hectares de 22,5 sacas/há cultivada, e supondo que aproximadamente 80% da mesma seja exportada, teremos 19 milhões de sacas as quais deverão ser transportadas. A maioria da produção do café do sul de Minas Gerais é levada pelo modal rodoviário para o porto de Santos, percorrendo uma distância média de aproximadamente 650 km.

A respeito do boi em pé, o Estado do Pará pode ter atingir um volume recorde de 620 mil cabeças de bovino vivo exportados até o fim do ano (2010). A rota começa na fazenda onde é criado o boi, sudoeste ou sul do estado, e passa por várias fazendas da zona até completar o caminhão, e logo depois faz uma escala no centro de confinamento de outra fazenda no caminho ao porto, para "desestressar" o gado antes de subir aos navios no Porto de Vila do Conde, próximo a Belém, após ter viajado pelas estradas paraenses por mais de mil quilômetros.

Em resumo, as seguintes três seções do capitulo da dissertação trazem um panorama atualizado da soja em grão produzida no Mato Grosso, do café produzido em Minas Gerais e do boi em pé transportado no estado do Pará, rotas de escoamento, características dos caminhões tipo e os custos de capital, operação e manutenção dos caminhoneiros autônomos.

Apartir dos dados anteriores, calcula-se a externalidade negativa gerada pelo transporte dessas mercadorias agropecuárias e refletidas no valor do frete da atual frota encarregada do serviço, mostrando em números redondos a atual antieconomia.

A continuação, apresenta-se uma tabela esquemática informativa das mercadorias agropecuárias escolhidas:

Tabela 6. Resumo esquemático das mercadorias agropecuárias escolhidas.

	SOJA (GRANEL)	**CAFÉ (SACAS 60 KG)**	**BOVINOS (EM PÉ)**
PRODUÇÃO MUNDO	225 milhões de toneladas (2004/2005)	123 milhões de sacas (2008/2009)	987 milhões de cabeças (2007)
PRINCIPAIS PRODUTORES	EUA, Brasil, Argentina e China	Brasil, Vietnã, Colômbia e Indonésia	Índia, Brasil, China e EUA
PRODUÇÃO BRASIL	60 milhões de toneladas (2009/2010)	39,47 milhões de sacas (2009)	207,2 milhões de cabeças (2007)
EXPORTAÇÕES	26 milhões de toneladas (2007/2008)	31,1 milhões de sacas (2008/2009)	369.588 cabeças (set/2009)
PREÇOS DE EXPORTAÇÃO	US$ 231,1/t (valor médio 1993/2004)	U$S 134,2/ saca (2008/2009)	Bovino vivo, cabeça U$S 330 Bovino vivo, kg U$S 255
VALOR EXPORTAÇÕES	US$ 11,4 bilhões (2008)	US$ 4,6 bilhões (2008/2009)	US$ 290 milhões (set/2009)
INCIDÊNCIA DESSE PRODUTO NAS EXPORTAÇÕES DO AGRONEGÓCIO	19,5% (2008)	7,1% (2009)	0,4% (2009)
DESTINOS EXPORTAÇÕES	UE, China e Irã	UE, EUA e Japão	Venezuela, Líbano e Egito
REGIÕES PRODUTORAS	MT, PR e RS	MG, ES e SP	PA, RS e MS
PORTOS RELEVANTES	Santos e Paranaguá	Santos, Rio de Janeiro e Vitória	Vila do Conde e Belém
ÁREA PRODUTIVA (milhões de hectares)	23,18 (2004/2005)	2,09 (2009)	220 (2008)
EMPREGOS GERADOS ENVOLVIDOS	300 a 400 mil (2004)	8,4 milhões (2009)	400 mil (2005) Obs. relacionado com a criação e não simplesmente com as exportações como na soja e no café.

Fonte: Elaboração do autor.

3.1.1 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de soja do Mato Grosso (MT) até o porto de Santos – SP

3.1.1.1 Soja em grão: um panorama

A soja e seus derivados constituem um dos produtos agrícolas mais comercializados em termos mundiais, devido à variedade de formas de consumo, que se estendem desde a alimentação (humana e animal) até a indústria farmacêutica e siderúrgica. Ao mesmo tempo, a produção mundial tem crescido para atender à demanda total por este produto que aumenta a cada ano. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2007), no período compreendido entre 1980 e 2005, a demanda total de soja, numa base mundial, expandiu-se em 174,3 milhões de toneladas.

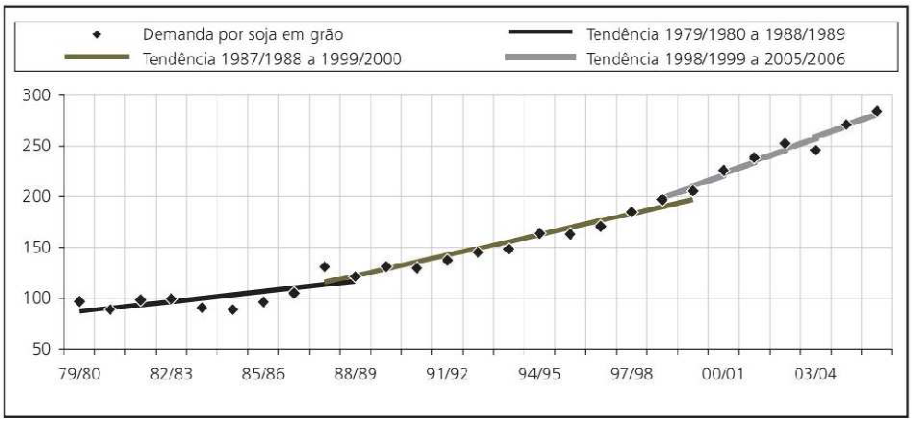

Figura 9. Mundo - evolução da demanda por soja em grão (milhões de t). Fontes: USDA, Fas e Céleres (apud MAPA 2007)

Com taxas médias anuais de 3% ao ano ao longo da década de 1980, o consumo mundial de soja passou, então, a crescer a uma taxa anual de 5,5% do final da década de 1980 até o final dos anos 90, a partir de então, uma nova aceleração foi observada na taxa de crescimento mundial do consumo que cresceu a uma taxa média anual de 5,6%, com pico de 10,4% no ano 2004/2005. Excluindo o período 2003/2004, quando houve uma redução na produção mundial de soja, o crescimento médio da demanda por soja, desde 1998/1999, foi de 6,8% ao ano.

No Brasil, a demanda total, entre 1990/1991 e 2004/2005, cresceu à expressiva taxa de 8,1% ao ano, aumentando acima das taxas observadas para o nível mundial. Em 2007/2008 o consumo brasileiro chegou a 35 milhões de toneladas (MAPA, 2009).

No entanto, todo o crescimento do consumo da soja e de seus derivados, somente foi possível com o aumento concomitante da produção. Entre 1990/1991 e 2004/2005, a área plantada com soja cresceu 38,3 milhões de hectares, e a produção final, 109,1 milhões de toneladas. Com isso, além do ganho quantitativo (+70,6% na área), houve também um importante ganho de produtividade (+19,9% na produtividade média global).

A produção brasileira de soja passou de 52,3 milhões de toneladas em 2004/2005 para aproximadamente 60 milhões de toneladas em 2007/2008. Na

safra 2009/2010 a produção está estimada em 64 milhões de toneladas (MAPA, 2009). A soja é cultivada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul. Destaca-se o Mato Grosso e o Paraná, representando juntos 47,5% da produção nacional. Entre 1990/1991 e 2004/2005, a área plantada com soja no Brasil cresceu 13,4 milhões de hectares, passando de 9,74 milhões de hectares para 23,18 milhões de hectares. A produção de soja do Estado Mato Grosso na safra 2007/2008 foi de 17,88 milhões de toneladas, volume 16,4% acima da temporada anterior, sendo responsável por 30% da oleaginosa brasileira. Mesmo com problemas relacionados ao alto custo de produção e logística deficitária, os sojicultores estaduais ampliaram a área em 11,2%, passando a 5,69 milhões de hectares (Fonte: MAPA, 2009).

Nesse período, merece destaque o aumento da área plantada com soja na região Centro-Oeste (mais de 7,9 milhões de hectares), região Nordeste (mais de 1,2 milhão de hectares) e o crescimento da área plantada com soja na região Sul, tida como a mais tradicional, também foi expressivo no período, totalizando 2,9 milhões de hectares. As previsões realizadas até 2018/2019 são de que a área de soja deve crescer 5,2 milhões de hectares em relação ao período 2007/2008 - 21,3 milhões de hectares (MAPA, 2009).

Considerando as taxas de crescimento da área plantada, bem como a tendência de queda da média de trabalhadores por área plantada observada entre 1985 e 1996, estima-se que o número de trabalhadores no cultivo de soja em 2004 estaria em torno de 300 a 400 mil. Além da expansão do plantio da soja em si, a disponibilidade de crédito e a tecnologia possibilitaram também um robusto crescimento dos níveis médios de produtividade da soja (MAPA, 2007).

Considerando o nível médio de produtividade observado na safra 2002/2003, também em comparação com os níveis do início da década de 1990, o ganho da produtividade média nacional da soja foi de 78,4%. Assim, devido aos baixos custos de produção do grão, fruto de um alto nível tecnológico, escala e capital, aliados a terra e mão-de-obra barata, e aos avanços na área que possibilitaram o incremento da produtividade média dessa oleaginosa, cerca de 2.800 kg por hectare, atingindo os maiores índices mundiais, a produção de soja se tornou a grande responsável pelo crescimento da agricultura brasileira, sendo uma importante fonte geradora de renda para o país (MAPA, 2008).

Sendo o segundo maior produtor e exportador mundial, o Brasil é um importante ator no contexto global do comércio da soja e seus derivados, a dinâmica do comércio externo exerce forte impacto sobre o sistema agroindustrial da soja e sobre a economia brasileira como um todo. Além disso, o País apresenta uma grande vantagem competitiva, aumentando, a cada ano, sua produção e participação nas exportações mundiais, que chegaram a aproximadamente 26 milhões de toneladas em 2007/2008 (MAPA, 2009). A soja representa 19,5% das exportações do agronegócio, gerando cerca de US$ 11,4 bilhões em receitas cambiais (MAPA, 2008).

Os principais destinos das exportações brasileiras do chamado complexo soja são: UE com 46,1%, China com 27,7% e Irã com 5,1% (MAPA, 2008). Os

portos de Paranaguá e Santos são a porta de escoamento internacional das exportações de grãos e farelo de soja, destacando-se entre os demais portos brasileiros.

3.1.1.2 Rota da soja: Mato Grosso – Porto de Santos

O Estado do Mato Grosso apresenta um elevado potencial agrícola, captando divisas no mercado internacional e desfrutando de elevadas taxas de crescimento anuais da produção, entretanto, uma das principais barreiras encontradas está ligada à estrutura logística para o escoamento da safra. A baixa capacidade de armazenamento e a predominância do modal rodoviário no transporte, somado às precariedades das rodovias no Estado, onera a movimentação da soja e dos demais produtos do agronegócio. Neste sentido, identificar as principais alternativas para o escoamento da soja mato-grossense, pode fornecer subsídios que auxiliem as decisões estratégicas para escolha das rotas logísticas.

Atualmente a soja produzida no Mato Grosso é escoada até o porto de Santos através do modal rodoviário e também do modal ferroviário. Existe uma terceira opção de transporte pouco utilizada que é a hidroviária (Madeira) que também é ligada a malha ferroviária. A rota ferroviária é responsável pelo escoamento de cerca de 40% do milho e da soja produzida no Mato Grosso que chega até o porto de Santos, o restante é escoado por rodovias federais e estaduais, sendo as principais vias de escoamento a BR-364, a BR-154 e a BR-070, que liga o principal pólo de escoamento, Rondonópolis (terminal intermodal), localizado no sul do Mato Grosso a 202 km de Cuiabá até o Porto de Santos percorrendo 1.446 km no total. O caminhoneiro ao entrar no estado de São Paulo passa por 11 pedágios (Guia Quatro Rodas, 2010) até chegar ao destino, tendo um custo de R$ 547,50 por trecho (ida e volta), ou seja, um total de R$ 1.095,50 só de pedágios.

No final da década de 1980 e início de 1990 conduziram à privatização dos sistemas ferroviários pertencentes à RFFSA e à FEPASA. No processo de privatização das ferrovias foram criadas 12 empresas, restando três grandes grupos controladores: a América Latina Logística (ALL), a Brasil Ferrovias e o sistema da Vale do Rio Doce. O transporte da soja é realizado basicamente por três ferrovias: a América Latina Logística, a Ferronorte (que no ano 2002 uniu-se com a concessionária Ferroban), e a Estrada de Ferro Carajás (Ferrovia Norte-Sul). Da região Centro-Oeste até o porto de Santos tem-se só duas concessionárias encarregadas da exploração e conservação das vias, a ALL e a Ferronorte. A bitola da ferrovia em questão é a bitola larga, tem 1.600 mm de largura e desde o ano 2006 (após vários investimentos) o tempo de percurso de trem da região em questão até o Porto de Santos já caiu de 240 para 96 horas.

Segundo a concessionária de um trecho da ferrovia existente, a América Latina Logística (ALL) atuante na malha sul, oeste e paulista da Rede Ferroviária Federal, a ferrovia está trabalhando em sua capacidade máxima de escoamento, conseguindo transportar somente 40% da soja produzida no Mato Grosso. A outra concessionária do trecho, a Ferronorte possui terminais de embarque no Alto Araguaia e Alto Taquari, no sul do Estado do Mato Grosso.

Atualmente, três ferrovias desembocam no Porto de Santos: Ferronorte (e Ferroban), Novoeste e MRS.

Para transportar "granéis", o vagão não precisa ter nenhum formato especial. Pode ser redondo, quadrado, triangular; o importante é que seja construído de tal modo, que permita "despejar" sua carga. Granel indica o grão não-ensacado, ou seja "despeja dentro" do vagão; transporta; e depois o vagão "despeja" em outro lugar. Fala-se em "granéis sólidos" para indicar, tanto feijão, soja, trigo, milho, e outros possíveis; como também cimento, areia, minério, carvão, bagaço moído, fertilizantes, e tudo que escorre; e "granéis líquidos" para indicar petróleo, gasolina, óleo de soja, água etc., desde que sem nenhuma "embalagem".

Os vagões tipo utilizados para o transporte de granéis, no caso da soja, são chamados “Hopper fechados”. As características técnicas relevantes ao nosso estudo são: lotação limite 105,5 toneladas, capacidade volumétrica 135m^3 e peso bruto máximo 130 toneladas.

Segundo o diretor do Instituto Mato-Grossense de Economia Agrícola (IMEA), Sereni Paludo, o custo da contratação do serviço do frete subiu 12% desde janeiro do ano 2009, até dezembro do mesmo ano. Já o preço da soja é um dos mais baixos dos últimos anos, o agricultor recebe R$ 450 por tonelada, enquanto o custo do frete até o porto é de R$ 220 (peso relativo do frete de quase 50% do valor da venda), quando mundialmente o peso do transporte no preço final de um produto está na faixa de 10% a 15%, dependendo da mercadoria e da época do ano (Geipot, 2000). Portanto, esses produtores reclamam do preço do frete.

Essa situação gera um aumento excessivo no preço de venda da tonelada de soja, os produtores fazem sua parte produzindo com custos razoáveis e até melhores que vários outros produtores do mundo (entre eles os EUA, primeiro produtor mundial), mas na hora de colocar no navio para sua exportação o preço dispara perdendo competitividade no mercado mundial.

O assessor agrícola da Federação da Agricultura do Mato Grosso do Sul (Famasul), Anderson Cesconetto, declarou que a linha da Ferronorte é um diferencial para o Porto de Santos e que o custo para transportar uma tonelada por trem está até seis vezes menor do que mandar a soja por caminhão sendo a solução ideal mas atualmente o trem também virou um problema, pois o preço do frete ferroviário está colado no do caminhão pelo fato de ter muita procura e pouca capacidade (oferta do serviço de transporte) e porque não tem concorrentes (concorrência imperfeita).

Segundo o Geipot (2000), a hidrovia do Madeira ajudou a desafogar as estradas brasileiras; um comboio de barcaças possui capacidade para 18 mil toneladas e retira das rodovias nos eixos Cuiabá-Santos e Cuiabá-Paranaguá cerca de 600 carretas (considerando como caminhão tipo uma carreta de 30 t).

As principais rotas de escoamento da soja no território nacional estão representadas no mapa abaixo, ressaltando que a escolhida no estudo de caso

será aquela cuja origem encontra-se no Mato Grosso e o destino no Porto de Santos.

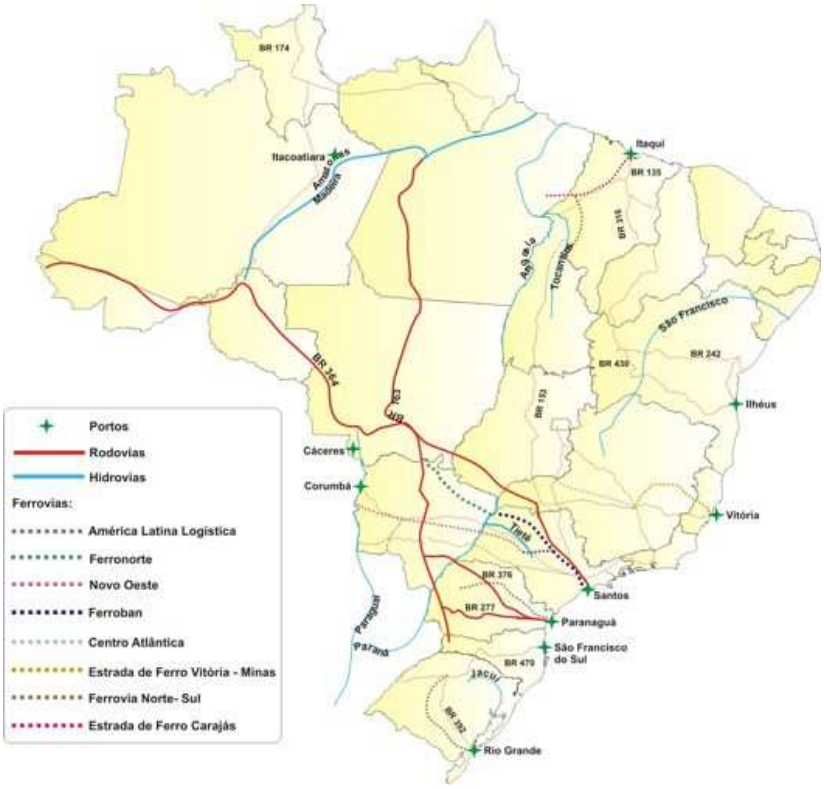

Figura 10: Rotas de escoamento da soja no território nacional. Fonte: Instituto FNP, 2010

3.1.1.3 Cálculo da antieconomia: soja de Mato Grosso – Porto de Santos

Considerando a teoria e os dados acima, na análise empírica foi feito um cálculo comparativo entre um caminhão tipo transportador de soja com a idade média de 23 anos e outro na idade econômica, aferindo a diferença entre os custos de capital, operação e manutenção de ambos na rota estudada.

Para efeito de cálculo foi utilizada a rota da soja descrita anteriormente, cuja distância é de 1.446 km e que une o centro de produção de soja do Mato Grosso (região com maior concentração de fazendas produtoras e armazéns) até o Porto de Santos.

Segundo superintendente de Terminais da ALL, Carlos Eduardo Monteiro de Barros, para se ter uma idéia do total transportado somente pela estrada, a ferrovia da ALL que parte de Mato Grosso em direção ao porto de Santos (SP) deve conduzir este ano mais de 10 milhões de toneladas (equivalente a cerca de 40 por cento da safra mato-grossense de soja e milho), volume este que passa antes pela BR-364. Ou seja, que 60% da produção de soja do Mato Grosso vai pelas rodovias até o Porto de Santos passando pela BR-364 como corredor principal de escoamento de caminhões graneleiros de soja.

Considerando uma densidade média da soja de 1,1 toneladas/m^3 e os caminhões graneleiros com uma capacidade média de 27 m^3, um caminhão

tipo graneleiro transporta 30 toneladas de soja aproximadamente. Portanto, para escoar 10,73 milhões de toneladas de soja (60% dos 17,88 milhões de toneladas produzidas no Mato Grosso) são necessários 357.600 caminhões.

Supondo que cada caminhão consegue fazer duas viagens por safra (começando no mês de fevereiro e vai até o mês de junho), número razoável tendo em consideração o tempo de viagem total (velocidade média, quantidade de pedágios, qualidade das estradas, etc), tempo de parada para descanso do caminhoneiro, tempo de carga e descarga, tempo de volta do destino final ao ponto de origem, entre outros, precisa-se de 178.800 caminhões.

Através do relatório feito pelo Ceftru no ano 2009 a respeito do panorama do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC), 57,1% desses caminhões são pertencentes aos transportadores autônomos, ou seja 102.095 caminhões.

Por outro lado, utilizando a equação polinomial apresentada na fundamentação teórica (seção 2.2.2, equação 22), para o cálculo do custo de capital, operação e manutenção (COM) por quilômetro por caminhão (Arruda, 2010);

$$COM = 1{,}141 - 0{,}097 * I + 0{,}0062 * I^2 \qquad (27)$$

um caminhão na idade média atual da frota autônoma (22,82 anos segundo relatório do Ceftru) teria um custo COM de R$ 2,063/km, e o custo COM na idade econômica (8 anos segundo Arruda, 2010) é de R$ 0,7286/km.

Com base nos dados acima e utilizando a seguinte equação:

COM_{Total} = (número de caminhões necessários) *x* (rota km) *x* (COM/km) (28)

Os seguintes resultados foram obtidos:

COM_{Total} = (frota atual $_{(t=23anos)}$) = R$ 323,3 milhões de reais (29)

COM_{Total} = (frota atual $_{(t=8anos)}$) = R$ 112,5 milhões de reais (30)

Portanto, o valor total da antieconomia é R$ 210,8 milhões por safra, um custo médio de R$ 2.065,17 por caminhão/ano.

Desconsiderando o valor do dinheiro no tempo, conforme foi calculado anteriormente o montante perdido por trabalhar de forma antieconômica poderia ser aplicado na melhoria da infraestrutura existente. Por exemplo, na reforma dos postos de manobra, prédios das balanças, substituição dos trilhos das vias principais e na segregação das linhas, separando-as do tráfego rodoviário, recuperação do material rodante, otimização do layout de pátios e duplicação de linhas, aumento da capacidade de tração das locomotivas e extensão das ferrovias atuais. A renovação da frota de caminhões autônomos seria outra opção na qual poderia ser aplicada essa quantia, diminuindo assim os custos COM devidos ao envelhecimento da frota atual.

O custo médio por quilômetro construído de ferrovia é aproximadamente R$ 2,5 milhões e o custo de operação e manutenção médio é R$ 90 / 1000 tku. Considerando isso, se nada for feito para modificar a deseconomia anual atual de R$ 210,8 milhões, em um período de 18 anos, seria possível financiar a construção e a manutenção de uma nova ferrovia nesse trecho.

Para ter uma idéia do prejuízo, considerando a produção de soja na safra 2007-2008 no estado do Mato Grosso de 17,88 milhões de toneladas, e o preço da tonelada da soja nessa safra de R$ 416,0, o custo de capital, operação e manutenção da atual frota de caminhões autônomos representa o 2,83% do valor total das vendas, ou seja, aproximadamente 473.820 toneladas (7.897.000 sacas) que não tivessem sido vendidas.

Por outro lado, se a finalidade fosse reforçar a frota ferroviária atual com a compra de um comboio formado por duas locomotivas de tecnologia U23C da General Electric (GE) equipada com motor de 2.250 HP, custo aproximado de R$ 4,5 milhões cada, e com 30 vagões Hopper fechados, custo médio individual de R$ 144.000, some-se um custo total de R$ 13,32 milhões que poderia ser financiado em menos de um mês.

No entanto, ao renovar a metade da frota de caminhões autônomos cuja idade média seja superior aos 15 anos (ou seja renovar 103.217 caminhões) considerando que o preço do caminhão novo é de R$ 180.000 e o valor residual R$ 60.000, o COM total atual seria reduzido à metade. Ainda considerando a antieconomia de R$ 210,8 milhões anual, esse processo levaria 19 anos.

Tabela 7. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso da soja.

Nro.	Variáveis		Soja
1	Rota	Origem (cidade - estado)	Rondonópolis - MT
2		Destino (cidade - estado)	Porto de Santos - SP
3		kms (só ida)	1.446,00
4	Produção transportada através do modal rodoviário (t)		10.728.000,00
5	Capacidade do caminhão (t)		30
6	Quantidade de caminhões necessários (u) (cálculo (4)/(5))		357.600,00
7	Quantidade de viagens assumidos (v)		2
8	Quantidade de caminhões assumidos (u) (cálculo (6)/(7))		178.800,00
9	Quantidade de caminhões autônomos (u) (cálculo (8)*57,1%)		102.095,00
10	COM total 8 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 8 anos)		323,31
11	COM total 23 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 23 anos)		112,46
12	Antieconomia (milhões de R$) (cálculo (10) - (11))		210,85
13	Externalidade do frete (R$ x caminhão/ano) (cálculo (12)/(9))		2.065,17

Fonte: Elaboração do autor.

3.1.2 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de café de Minas Gerais (MG) até o porto de Santos – SP.

3.1.2.1 Café em sacas: um panorama

A produção brasileira de café é a maior do mundo, respondendo por mais de um terço de toda a produção mundial. Em 2009, o país possuiu aproximadamente 6,4 bilhões de pés de café, com 2,3 milhões de hectares de área plantada. Como exemplo dessa dimensão produtiva, em 2008, a produção de café representou cerca de 0,5% do PIB brasileiro. A previsão atual para a produção nacional de café beneficiado indica 47,27 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado. O resultado representa um acréscimo de 19,2%, ou de 7,57 milhões de sacas, quando comparado com a produção de 39,47 milhões de sacas obtidas na safra 2009. Tal crescimento é justificado pelo ano de bienalidade positiva, aliado às condições climáticas favoráveis até o mês de dezembro/2009.

A inversão climática, estiagem acompanhada de altas temperaturas a partir da segunda quinzena de dezembro/2009, notadamente no Estado do Espírito Santo, nas regiões da Zona da Mata, Rio Doce e Jequitinhonha em Minas Gerais e na região Atlântico no Estado da Bahia causou perdas expressivas na produção, contudo foram compensadas, em parte, pelos ganhos registrados nas regiões Sul e Centro-Oeste de Minas Gerais e nas áreas irrigadas no Estado da Bahia, principalmente na região Oeste deste Estado (região de Cerrado). A produção dos Estados do Acre, Ceará, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal, representa 1,05% (496 mil sacas), com destaque para o Estado de Goiás, que produz 71,3% desse total (354 mil sacas).

Em 2009, o consumo de café no Brasil cresceu 4,15%, superando a expectativa da indústria. O relatório anual da Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) mostra que entre novembro de 2008 e outubro foram consumidas internamente 18,39 milhões de sacas ante 17,65 milhões no período anterior, superando as expectativas iniciais da associação. O ano 2009 ficou marcado como a virada para a indústria do café no Brasil. O setor comemorou no ano passado o crescimento do consumo anual per capita de café torrado (4,65 kg per capita). A marca ficou bem próxima do recorde de consumo, de 45 anos atrás.

Em 1965, o consumo médio por habitante foi de 4,72 kg per capita, segundo a ABIC, a qual reúne a indústria cafeeira nacional. Portanto, se os brasileiros consumirem 71 gramas a mais de café ao longo deste ano 2010, baterão a marca histórica. Os 4,65 kg per capita equivalem a 78 litros da bebida. O país se aproxima ao consumo per capita na França e na Itália e se aproxima do consumo na Alemanha, mas os maiores consumidores de café per capita no mundo são os países nórdicos, Finlândia, Noruega e Dinamarca, com um volume próximo aos 13 kg por habitante/ano segundo informa a ABIC.

O crescimento do consumo está relacionado não apenas ao número maior de xícaras de café que o brasileiro anda bebendo mas também às diversificações na hora de tomar a bebida, seja na forma de cappuccinos e outras combinações com leite. A indústria credita essa situação à melhora da qualidade do produto oferecido, além da maior oferta de cafés superiores e gourmet ao incremento do número de cafeeiras.

No plano regional a produção de café em Minas Gerais (MG) vai alcançar entre 23,2 milhões e 24,7 milhões de sacas em 2010. No caso de chegar ao limite máximo, o aumento será de 24,54% na comparação com o volume registrado na safra anterior. Esta é a estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). O Estado responde por 50,8% da produção total brasileira, enquanto o Estado de Espírito Santo 20,1%, 12,4% em São Paulo; 4,4% no Paraná e 12,2% em outros estados.

O valor das vendas de café de Minas Gerais foi de US$ 1,8 bilhão, o que representa quase a metade de todas as vendas do agronegócio mineiro. Os números das exportações foram divulgados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do governo federal. Este ano, Minas Gerais deverá colher 23,9 milhões de sacas de café, o equivalente a 50,8% da safra nacional.

O café é um dos principais responsáveis pelo bom desempenho da balança comercial do agronegócio mineiro. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, as exportações do setor nos primeiros sete meses do ano somaram de US$ 3,7 bilhões. Deste total, 48,6% foram registrados com embarques de café para o exterior.

Assim também, a produção do Sul/Sudoeste de Minas Gerais representa aproximadamente 47% da produção do estado de Minas Gerais, com base de dados do Anuário (2002/2003). O Sul de Minas é, portanto, um dos mais importantes centros produtores e exportadores de café brasileiro. Embora a importância e representatividade da região sul/sudoeste do estado, destaca-se também o Cerrado Mineiro (Triângulo Mineiro; Araguari, Uberaba e Uberlândia, o Alto Paranaíba e o Noroeste do estado) e também a Zona da Mata (Jequitinhonha, Mucuri, Rio Doce, Central e Norte).

Estudos pesquisados indicam a expectativa de um crescimento entre 29,82% e 31,78% na produção do Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste, onde a safra irá registrar entre 4,8 milhões a 5,1 milhões de sacas. De acordo com a Conab, o aumento da produção nesse conjunto de regiões do cerrado é devido a condições climáticas favoráveis. Além disso, deve ser considerado também que os produtores utilizam uma alta tecnologia nas lavouras. Já as regiões Sul e Centro-Oeste de Minas comparecem nas estimativas com aumento da produção entre 22,48% e 23,96%, alcançando um volume de 11,4 milhões a 12,1 milhões de sacas. A região Sul é a maior produtora de café do Estado. Nas lavouras de café das demais regiões de Minas, o aumento de produção estimado varia de 20,59% a 21,94%.

No estado de Minas Gerais durante o ano 2009, as áreas cultivadas são divididas nas seguintes regiões:

- Sul e Centro Oeste do estado: 550.477ha e 12.094.000 sacas de café (produtividade média 21,97 sacas/há).

- Cerrado Mineiro (Triângulo Mineiro, Alto Paraíba e Noroeste): 177.310ha e 5.064.000 sacas (produtividade média 28,56 sacas/há).
- Zona da Mata (Jequitinhonha, Mucuri, Rio Doce, Central e Norte): 331.024ha e 6.786.000 sacas (produtividade média 20,50 sacas/há).

Somando em total no estado de Minas Gerais 1.058.811ha cultivadas (aproximadamente 2% da superfície do estado).

3.1.2.2 Café com padrão internacional e centros de excelência

O Governo de Minas, nos últimos oito anos, promoveu uma política inovadora de estímulo à produção de café. Criou o programa de certificação de propriedades cafeeiras, o Certifica Minas Café, para atestar a conformidade das propriedades cafeeiras às exigências dos padrões do comércio mundial. Foi o primeiro programa do gênero implantado no país por um governo estadual. Com a certificação, os produtores têm a oportunidade de conquistar novos mercados, inclusive no exterior. A maioria dos cafeicultores beneficiados pelo Certifica Minas Café é formada por pequenos produtores.

O cadastro dos produtores no programa, a assistência técnica e as orientações para adequações das propriedades são feitos pela Emater – Minas Gerais. As auditorias preliminares para checar as adequações de acordo com as exigências internacionais são realizadas pelo Instituto Mineiro de Agropecuária. A auditoria para a concessão do selo de certificação é realizada por empresa de reconhecimento internacional, com sede na Suíça. Em 2009, 1.026 propriedades estavam certificadas. Até o ano 2011, serão 1.500 propriedades com o selo de certificação.

Entre 2005 e 2009, o Governo de Minas investiu cerca de R$ 3 milhões na implantação de três Centros de Excelência do Café para desenvolver pesquisas ligadas ao setor e capacitar trabalhadores rurais, engenheiros agrônomos e outros profissionais ligados à cadeia produtiva do café. Ainda continuam capacitando profissionais que atuam na classificação de café. Os Centros de Excelência do Café estão instalados em Machado (Sul de Minas), Viçosa (Zona da Mata) e Patrocínio (Alto Paranaíba) e foram construídos em parceria com prefeituras, universidades e associações.

3.1.2.3 Logística do café mineiro

Pelo volume de café produzido no Sul de Minas Gerais, com o aumento da demanda e a exigência na qualidade do produto por suas características organolépticas (sabor, aroma, cor, textura, entre outros) e os amplos canais de distribuição, percebe-se a necessidade da melhoria da eficiência no requisito logística dos transportes e armazenamento do café em grão, torrado e moído. Um caso real de grupos competidores e aliados como estratégia de fortalecimento para novas conquistas e busca de recursos ao governo foi a criação do Centro de Comércio de Café de Minas Gerais (CCCMG).

Neste caso, os proprietários, diretores, administradores das maiores empresas do ramo que possuem uma de suas unidades na região são gestores que formaram uma espécie de sindicato com força expressiva para coordenar a cadeia agroindustrial do café e obter subsídios ao governo atuando também

como moderador do mercado nacional desenvolvendo pesquisas, formando preço-base para as atividades de comercialização e controle de estoques principalmente do café do sul de Minas Gerais.

As empresas modelos que desenvolvem suas atividades no agronegócio da cadeia produtiva do café nos segmentos pós-colheita, compreendem duas Cooperativas, a MINASUL com grande participação no mercado cafeeiro sendo destaque na cidade de Varginha e a Cooperativa COOXUPÉ maior do mundo na atividade comercial do café, situada a aproximadamente 154,7 km de Varginha, na cidade de Guaxupé. A estação aduaneira do interior EADI ou Porto Seco de Varginha primeiro porto seco no Brasil e a única na região sul de Minas Gerais.

Os portos marítimos que representam maiores riquezas de informações e compreendem as rotas mais curtas de acesso pelo café escoado de Minas Gerais são os portos de Santos SP e Rio de Janeiro RJ. Em particular, a região do sul de Minas Gerais está localizada geograficamente em um ponto estratégico, sendo corredor de passagem da produção deslocada entre as demais regiões do país e do estado, pela proximidade dos maiores centros consumidores do Brasil e dos principais portos marítimos.

A cidade de Varginha é um pólo comercial do café na região do sul de Minas Gerais, com quase 40 corretoras já instaladas formalmente e tem uma localização privilegiada, fica a 300km de São Paulo, 380km do Rio de Janeiro, 300km de Belo Horizonte, 380km do Porto de Santos e 325 km do Aeroporto de Viracopos, em Campinas. A produção de café que chega de outras regiões em Varginha pode ser facilmente escoada, devido a infraestrutura que permite o beneficiamento, rebeneficiamento ou os trâmites logísticos e comerciais que forem necessários, pois, seus canais de distribuição a caracterizam como uma cidade de geração de riquezas, tanto no aspeto econômico, quanto o social.

As cooperativas mencionadas acima, MINASUL (localizada em Varginha) e COOXUPÉ (localizada em Guaxupé) caracterizam-se como intermediários ou atravessadoras que estão próximas aos produtores e funcionam também como indústrias (rebeneficiadoras de café em grão) ou reúnem lotes maiores de café para vender a melhores preços, os quais geram maiores lucros aos produtores. Estas empresas são remuneradas pela prestação de serviços e possuem normalmente estrutura adequada para armazenar e processar o produto, deixando o mesmo nos padrões tipo exportação. É de suma importância como mecanismo de apoio aos produtores e moderador de mercado, como instituição comercial.

3.1.2.4 Rota do café mineiro

De acordo com relato de pesquisa no Centro do Comércio de Café de Minas Gerais (CCCMG, 2003), já se tentou fazer o transporte rodo-ferroviário no Brasil, saindo o café do sul de Minas Gerais com destino ao porto de Santos, onde era feito o transbordo para o trem na cidade de Cruzeiro, SP. Mas, o vagão nunca chegava direto no terminal de contêiner, por questões políticas, pois, esses 100 metros finais de ferrovias não podiam ser transitados, tendo o setor que mudar novamente do modal ferroviário para o modal rodoviário para

embarcação dos contêiners. Foram realizadas várias tentativas por linha férrea, mas, este nunca foi mais atrativo que o modal rodoviário para o escoamento do café de Minas Gerais até os portos marítimos.

Os últimos agentes no processo de exportação do café de Minas Gerais são os portos. O porto seco de Varginha, antes estação aduaneira do interior, EADI, foi a primeira EADI a se instalar no Brasil e desempenha o mesmo papel dos portos marítimos sobre estufagem e desembaraço aduaneiro. Por não estar nas proximidades do mar, seu meio de transporte até os portos marítimos (para embarque em navios) com destino ao exterior, se condiciona ao modal rodoviário. Assume assim, importância como concorrente e ajuda a reduzir o fluxo nos portos marítimos (minimiza filas e seus custos podem ser mais atrativos que nas zonas primárias).

Contudo, nota-se que quase 90% do café produzido na região são direcionados às cooperativas (por seus cooperados), que se encarregam de armazenar e comercializar o café de acordo com as necessidades do produtor. São pagas apenas taxas por estes serviços, de acordo com cada cooperativa, variando entre 2% a 8% sobre o valor da venda. Algumas cooperativas não compram o café, apenas se configuram como órgãos de apoio aos produtores, contudo, por serem o principal intermediário no processo de comercialização, podem influenciar fortemente o mercado. A MINASUL cobra uma taxa de 2,5% do valor final do café na hora da venda, apresentando-se com intermediadora de negócios e a COOXUPÉ normalmente compra o café dos produtores, caracterizando-se também como comerciante, torrefadora e exportadora.

A cooperativa COOXUPÉ é a melhor estruturada dentre as cooperativas, possui uma cadeia produtiva pouco complexa e é a única que comercializa café torrado e moído, sendo também a maior exportadora de café do Brasil com exportação própria, possuindo seu próprio padrão internacional de café e com filiais. Além de estar situada em vários pontos de Minas Gerais, concentrou-se também no porto de Santos.

A cooperativa MINASUL, localizada na cidade de Varginha possui uma cadeia produtiva bastante complexa, mas devido em grande parte à existência do Porto Seco, antiga estação Aduaneira do Interior (EADI), que é responsável por um grande escoamento de café para o exterior, gerando grandes volumes distribuídos no seu mercado, uma vez que não comercializa apenas presta serviços de entrepostagem, estufagem, e desembaraço aduaneiro.

De acordo com os processos logísticos de escoamento analisados na região produtora de Minas Gerais, especificamente pelas empresas citadas acima, os cafés adquiridos pelas cooperativas, são fornecidos pelos produtores desta e de outras regiões do estado. Após a transação comercial e vencimento do prazo de retirada do café da propriedade rural, os produtores levam-no até a cooperativa (para aqueles que possuem recurso próprio do frete) ou contratam uma transportadora para a coleta do café da propriedade rural e entrega do mesmo na cooperativa, podendo ser a Cooxupé ou a Minasul, como exemplos possíveis.

Após todo o processo na formação de padrões internacionais, o café é destinado à estufagem (carregamento do contêiner), feita nos armazéns gerais e em seguida é transportado para o Porto Seco de Varginha para o desembaraço aduaneiro pela Unidade local da Receita Federal. Normalmente, delimitado pelo importador, o café segue para os portos marítimos de Santos ou Rio de Janeiro, a critério do importador, o qual pagará o frete marítimo.

O café, quando entregue pelo produtor regional à Cooperativa Cooxupé, localizada em Guaxupé, aproximadamente 154,7 km de distância de Varginha, onde situa-se a MINASUL, sua concorrente, passa por outros canais de distribuição para chegar aos portos marítimos. Estes canais não são de intermediários e sim da própria Cooxupé. O café negociado pela Cooxupé, após feitas as análises e conferência das amostras, é transportado pelo produtor ou pela cooperativa ou por uma empresa de transporte terceirizada ou mesmo transportadores autônomos. A cooperativa Minasul normalmente rebeneficia e armazena o café para a comercialização para o produtor dono do café, portanto há uma grande diferença entre as duas empresas.

Essa diferença acontece na comercialização da Cooperativa Cooxupé para si mesma e para os produtores, ou seja, além de rebeneficiar e comercializar o café para o produtor, esta cooperativa compra parte dos cafés que tem em seus estoques, industrializa-os, distribui em suas lojas varejistas e os comercializa tanto no mercado doméstico quanto no exterior, caracterizando-se como empresa exportadora. A Cooxupé é a cooperativa de maior destaque no país, distanciando-se das demais pela sua superioridade no rebeneficiamento do café mineiro e brasileiro. Na própria estrutura da Cooxupé, o café é estufado e transportado para os portos marítimos de Santos ou Rio de Janeiro, a cooperativa possui uma unidade no Porto de Santos, e por lá segue a maior parte de fluxo desse produto comercializado.

Como a Cooxupé possui uma filial no porto de Santos, tornou-se mais atrativo fazer a estufagem em Guaxupé, e o desembaraço aduaneiro em Santos, minimizando mais ainda os processos e planejamentos de contêiner para desembaraço no despachante aduaneiro em Guaxupé. Verifica-se que as cooperativas de produtores de café se tornaram grandes detentoras da produção e comercialização do café de Minas, exercendo grande poder de barganha no mercado do café, pois elas são responsáveis por comercializar mais de 90% do café produzido na região.

3.1.2.5 Cálculo da antieconomia: café de Minas Gerais – Porto de Santos

Os cafés adquiridos são de todas as microrregiões do sul, oeste e, em parte, do norte de Minas Gerais. Geralmente, a cooperativa adquire café de regiões com aproximadamente 1.000 km de distância e destina seu produto ao próprio estado de Minas para as exportadoras dessa região. Normalmente são entregues nas exportadoras situadas em Varginha, pólo comercial regional do mercado dos cafeicultores de Minas Gerais, ou em Guaxupé na cooperativa Minasul.

O custo médio por contêiner transportando 21.600 kg ou 360 sacas de café desde Varginha até o Porto de Santos é de R$ 1.500. Esse valor dividido pelas 360 sacas a granel ilustra o custo de R$ 4,17 por saca de café, que em negociação pode cair para R$ 3,5 por saca, conforme a empresa transportadora que faça o serviço. O percurso mais freqüentado pela transportadora para exportação de café são nas rotas de saída de Varginha com destino a Santos, Rio de Janeiro e Guarujá, nos portos marítimos. Os canais de distribuição normalmente são delimitados pelos caminhos mais curtos, o que nem sempre é o melhor caminho, podendo ter interferências de pedágios, más condições de tráfego pelo fluxo de carros ou caminhões ou, ainda, por deficiência da estrada, como buracos ou outras irregularidades que podem atrasar no percurso.

O porto seco de Varginha possui menos filas, o que reduz o tempo de espera para carregamento ou descarregamento da carga, dotando assim ao sistema de uma maior rapidez no fluxo logístico de transporte. Este fator está diminuindo os riscos do transportador ter que esperar um dia a mais no porto marítimo, deixando de concluir outros fretes, correndo riscos desnecessários.

Custo de frete "Guaxupé via Varginha" seguindo para Santos acresce uma distância aproximada de 154,7 km de percurso com uma duração de aproximadamente 2 horas, e portanto aumentando assim o consumo de combustível, levando a considerar esse possível percurso inviável.

Tabela 8. Resumo Guaxupé – Varginha – Santos.

Origem	Guaxupé	Guaxupé	Varginha
Passando por	Varginha	-	-
Destino	Santos	Santos	Santos
Distância percorrida	515,7 km	355,7 km	361,0 km
Tempo do percurso	7h 07 mins	4h 12 mins	4h 55 mins
Velocidade média	72,3 km/h	84,6 km/h	73,4 km/h

Fonte: CCCMG, 2010.

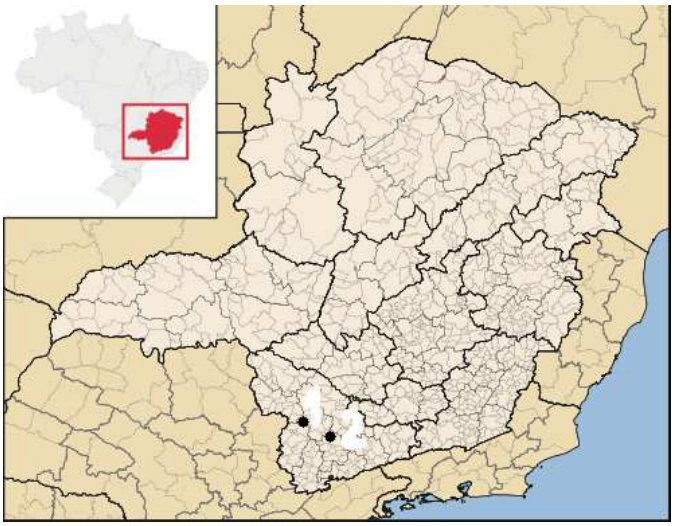

Figura 11. Ilustrativa Minas Gerais, pto. 1 Guaxupé e pto. 2 Varginha. Fonte: Elaboração do autor

Mesmo o porto do Rio de Janeiro sendo forte concorrente, Santos lidera nas embarcações de cafés para exportação. Hoje toda a produção do café do sul de Minas Gerais é levada pelo modal rodoviário para os portos de Santos e Rio de Janeiro, sendo o principal destino das exportações de café a Alemanha. O modal ferroviário não é utilizado nesse escoamento devido a problemas técnicos e operacionais nos terminais intermodais.

O Porto de Santos registrou um crescimento de 2,3% nas exportações de café durante o ano safra 2009/2010 (que teve início em julho do último ano e terminou no mês passado), em relação ao mesmo período de 2008/2009. No total, foram embarcadas 22,2 milhões de sacas de 60 quilos. Já no exercício anterior foram 21,7 milhões de sacas. Os dados integram o balanço divulgado pelo Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (Cecafé).

Com o resultado, o complexo santista deteve 74,7% das exportações brasileiras no ano safra. No total, foram enviadas ao exterior 29,7 milhões de sacas, que geraram uma receita de US$ 4,49 bilhões. Apesar do incremento, o Porto de Santos teve uma queda de 6,25% em junho deste ano (1,53 milhões de sacas), em relação ao mesmo período de 2009 (1,65 milhões de sacas).

O café é transportado apenas pelo contêiner de 20’ (pés), pois é caracterizado como uma carga pesada e, caso houvesse a intenção de utilizar o contêiner de 40’ (pés), o mesmo não poderia estar cheio por não suportar o peso e quebrar. Portanto, para uma carga com peso de 21.600kg líquido, como se faz nos contêiners de 20’, no contêiner maior ficaria um espaço ocioso, o que pagaria um custo maior pelo aluguel e maior custo também com o aluguel de espaço no navio para exportação. A diferença é que o contêiner de 20’ suporta um peso determinado que pode ser suspendo pelos guindastes em sua lotação. O contêiner de 40’ não pode ser carregado de mercadorias pesadas, então, é usualmente preciso no transporte de eletrônicos que fazem maior volume e seu peso não altera muito mais que o peso de um contêiner de 20’ que, pelo volume não caberia nesta unidade. A totalidade de produtos que passa pelo porto seco de Varginha é transportada em contêiner devido à política de garantia e segurança do produto.

Tendo em consideração que as duas maiores cooperativas de café de Minas Gerais encontram-se localizadas nas cidades de Guaxupé e Varginha, conforme foi aprofundado anteriormente, cujas distâncias até o Porto de Santos são de 355,7 km e 361,0 km respectivamente, e desconhecendo qual proporção da produção atende cada uma por falta de informação fidedigna, utilizaremos no cálculo uma distância média desde a cooperativa até o porto de Santos de 358,35 km.

Por outro lado, teremos uma distância adicional que vai compor a distância total do frete. A mesma é a média geométrica das distâncias entre as áreas cultivadas de café comentadas anteriormente (Sul e Centro Oeste; 120 km, Cerrado Mineiro; 355 km e a Zona da Mata; 760 km) e o ponto médio entre a cidade de Varginha e Guaxupé. Não foi calculado a través de uma média ponderada com as áreas cultivadas devido ao desconhecimento da porcentagem das respectivas produções que foram para exportação e quais delas destinadas ao mercado interno. A distância média obtida foi de 318,72 km. Então a distância total do frete considerada no cálculo foi de 677,07 km (média geométrica entre as áreas cultivadas e as duas cooperativas representativas da região mais distância média entre as cooperativas e o porto de Santos, ou seja, 358,35 km + 318,72 km).

Considerando uma produtividade média por hectares de 22,5 sacas/ha teremos uma produção total de 23,82 milhões de sacas, e supondo que aproximadamente 80% da mesma seja exportada, teremos 19,06 milhões de sacas que deverão ser transportadas até o Porto de Santos (ponto de destino).

Sabendo que a capacidade de um caminhão transportador de café pode levar no máximo 360 sacas, pelo motivo comentado anteriormente, serão necessários 52.941 caminhões. Dos quais, supondo que cada caminhão faz três viagens durante a safra, teremos 17.647 caminhões. Através do relatório feito pelo Ceftru do ano 2009 a respeito do panorama do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC), podemos dizer que 57,1% desses caminhões seriam pertencentes aos transportadores autônomos, portanto seriam 10.076 caminhões.

Utilizando a equação polinomial para o cálculo do custo de capital, operação e manutenção (COM) por quilômetro por caminhão (Arruda, 2010), teríamos que um caminhão na idade média atual da frota autônoma (22,82 anos segundo relatório do Ceftru) teria um custo COM de R$ 2,063/km, e o custo COM na idade econômica (8 anos segundo Arruda, 2010) é de R$ 0,7286/km. Com base nos dados acima e utilizando a seguinte equação:

$$COM_{Total} = [n° \, caminhões \, necessários] \times [rota \, (km)] \times \left[\frac{COM}{km}\right] \qquad (31)$$

Teríamos os seguintes resultados:

$$COM_{Total} \, (frota \, atual \, na \, idade \, média) = R\$ \, 14{,}07 \, milhões \, de \, reais \qquad (32)$$

$$COM_{Total} \, (frota \, atual \, na \, idade \, econômica) = R\$ \, 4{,}97 \, milhões \, de \, reais \qquad (33)$$

Portanto, o valor total que está se deixando de economizar é R$ 9,1 milhões por safra do café, representando um custo médio de R$ 903,48 por caminhão/ano. Considerando o preço médio por saca de R$ 261,69 (valor

obtido da safra 2009), essa perda representa 3,48 milhões de sacas, ou seja, o equivalente a 9.661 viagens a menos.

Tabela 9. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso do café.

Nro.	Variáveis		Café
1	Rota	Origem (cidade - estado)	Guaxupé MG - Varginha MG
2		Destino (cidade - estado)	Porto de Santos - SP
3		kms (só ida)	677,10
4	Produção transportada através do modal rodoviário (sacas de 60kg)		19.058.598,00
5	Capacidade do caminhão (sacas de 60 kg)		360,00
6	Quantidade de caminhões necessários (u) (cálculo (4)/(5))		52.941,00
7	Quantidade de viagens assumidos (v)		3,00
8	Quantidade de caminhões assumidos (u) (cálculo (6)/(7))		17.647,00
9	Quantidade de caminhões autônomos (u) (cálculo (8)*57,1%)		10.076,00
10	COM total 8 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 8 anos)		14,07
11	COM total 23 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 23 anos)		4,97
12	Antieconomia (milhões de R$) (cálculo (10) - (11))		9,10
13	Externalidade do frete (R$ x caminhão/ano) (cálculo (12)/(9))		903,48

Fonte: Elaboração do autor.

3.1.3 Mensuração do custo de capital, operação e manutenção da atual frota autônoma de caminhões transportadores de boi em pé do Pará (PA) até o porto de Vila do Conde, Barcarena – PA.

3.1.3.1 Boi em pé: um panorama

O mercado mundial de gado vivo movimentou, no ano passado, cerca de R$ 2 bilhões segundo estimativa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), sendo aproximadamente 3 milhões de animais. A participação do Brasil no chamado mercado de boi em pé tem crescido a partir de 2004, quando os pecuaristas paraenses fecharam contrato de exportação para o Líbano. Nesse ano foram exportados 10,2 mil animais. O número saltou para 110,4 mil em 2005. Os embarques brasileiros de gado vivo continuaram, com enormes incrementos em 2006 e 2007. Logo depois teve uma queda no ano 2008, mas cresceram novamente no ano 2009. No primeiro semestre do ano passado (2010) já foram exportadas aproximadamente 365 mil cabeças de gado, frente a 291 mil no mesmo período de 2009. O aumento foi de aproximadamente 25% de um ciclo para o outro.

Para a USDA, o crescimento da quantidade de cabeças de gado em pé negociadas no mundo em 2010, será de 2%. Entre os principais criadores, Canadá, México e Austrália, podem ter suas criações elevadas em até 4%. O órgão norte-americano aponta que as vendas brasileiras para o mercado internacional apresentam potencial de crescimento entre 17% e 18% até o fim de 2010, enquanto o mercado tem expectativa de um acréscimo que supere a marca dos 20%, de acordo com a Scot Consultoria (Jaboticabal/SP).

O destino dos animais está concentrado em dois países: Venezuela e Líbano, que no ano 2009, compraram, respectivamente, 247,3 mil e 183,8 mil animais. O principal estado exportador é o Pará, com mais de 90%, vindo depois o Rio Grande do Sul e o Amapá. Segundo ele, pela localização próxima, Canadá e México exportam para os EUA, enquanto os australianos comercializam com a Indonésia. Cerca de 95% da exportação brasileira de gado para engorda é enviada à Venezuela. Líbano e Egito, mesmo com a baixa quantidade, fazem parte da rota de comércio do Brasil. O País não toma esses mercados porque as exportações de gado em pé são limitadas pela distância, é necessário ter certos cuidados quando se trata de animais vivos, como o manejo adequado durante as viagens.

Para Bruno de Jesus Andrade, zootecnista e membro do Departamento Técnico da Assocon, Associação Nacional dos Confinadores, a queda nas exportações de animais australianos para a Indonésia também pode representar uma oportunidade de negócio para o Brasil. A distância dificulta mas tudo depende do custo com frete aponta o profissional. No entanto, para o Brasil ganhar novos mercados é necessário investimento em qualidade, o Brasil exporta quantidade, não qualidade como os australianos. Atendemos um mercado que busca volume e preços mais atrativos. Os bovinos vivos do Rio Grande do Sul, para Andrade, possuem mais qualidade genética, se comparado aos animais do Pará, aponta que o Rio Grande do Sul vai crescer bastante.

Em julho do corrente ano, 2010, a Scot Consultoria estimou que o País deve comercializar com o mercado externo, até o fim do ano, 620 mil cabeças de bovino vivo. No primeiro semestre de 2010, foram enviadas ao Líbano, Egito e alguns países africanos, além da Venezuela, 291 mil cabeças, com um faturamento de US$ 270 milhões. O montante exportado, em 2009, especialmente pelo Pará, foi de 519 mil cabeças.

As estatísticas dessas exportações devem ficar mais robustas a partir do segundo semestre. Bezerros catarinenses, único estado reconhecido como área livre de febre aftosa sem vacinação pela Organização Mundial de Saúde Animal, OMSA, serão enviados para a Itália, cuja demanda anual é projetada em 200 mil bovinos. Esse número é praticamente a metade do total exportado em 2007 marcando um significativo crescimento. Outro fator que poderá contribuir para a evolução dos negócios advirá do Brasil firmar protocolo sanitário com outros países. Muito países não compram do Brasil, pois temem a contaminação interna em decorrência da aftosa.

Ainda é prematuro enxergar a exportação de gado bovino vivo como uma nova tendência do setor pecuário nacional, mas no entanto pode ser considerada como mais uma opção de negócio, a prática beneficia os produtores. O processo de exportação de animais vivos é complexo e inclui seis etapas: seleção dos bovinos, exames, quarentena, embarque e adaptação dos animais em novo local.

O Pará começou a exportar boi vivo em 2003, quando o estado enviou quase 2 mil cabeças para fora do país. De 2004 a 2006 houve um crescimento acelerado de comercialização externa, puxado pela desobrigação de impostos e preços vantajosos para os pecuaristas. O Pará exportou em 2005 mais de 10 mil cabeças; em 2006 mais de 41 mil cabeças; e 2006 mais de 133 mil cabeças. O grande salto da comercialização ocorreu em 2007, quando foi registrada a saída de mais de 418 mil cabeças.

O Pará só podia vender carne com osso para o Nordeste, em razão da barreira sanitária imposta para o combate à febre aftosa pelo Ministério da Agricultura, mas já estava exportando boi em pé para o Líbano, apenas 5 a 6 mil cabeças por mês, em média. Seus olhos se voltaram então para a vizinha Venezuela, que enfrentava problemas para a importação de boi vivo da Colômbia. O comércio de boi em pé vinha registrando altas consecutivas, quadriplicando a cada ano a saída de animais do estado. O Pará ainda se mantém com o quinto maior rebanho do Brasil, mas registrou queda de 7% do seu rebanho em 2008. Mesmo assim, o estado continua sendo o maior exportador de boi em pé do país.

O rebanho paraense é composto de 20 milhões de cabeças, sendo quatro milhões de cabeças prontas para abate, ou seja, que apresenta uma taxa de desfrute de 20%. Desse total, 55% vão para o Centro-Sul, 25% são consumidos no próprio estado e 20% são comercializados em pé (15% para o Nordeste e 5% para as exportações). No ano passado apenas quatro estados comercializaram nesta modalidade. São eles: Mato Grosso do Sul, com 697 cabeças; São Paulo, com saída de 21 cabeças; Rio Grande do Sul com a

venda de 15.932 e o Pará, com a maior porcentagem de venda de animais 382.191 cabeças.

Pode se observar que apesar de ser por enquanto um mercado pequeno, a exportação do chamado boi em pé causa divergências de opiniões. No mês de maio de 2010, foram discutidas as vantagens e desvantagens da exportação de gado em pé em uma audiência pública na Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio da Câmara dos Deputados. Na ocasião foram discutidas as condições de bem-estar dos animais exportados e os impactos desse comércio na geração de valor agregado.

3.1.3.2 Desvantagens das exportações de bovinos em pé

Para o economista, professor doutor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e autor do relatório da WSPA "Desvantagens Econômicas da Exportação Brasileira de Gado em Pé", Reinaldo Gonçalves, enfatiza afirmando que o comércio de animais vivos representa um retrocesso para a economia, um exemplo de 'reprimarização' da pauta de exportações do país, de nos tornarmos meros fornecedores de matérias-primas. Argumenta que quem se favorece com as vendas do boi em pé é um pequeno grupo de pecuaristas do Pará, e os animais sofrem com a distância das viagens.

Essa opinião é compartilhada pelo representante da Associação Brasileira de Frigoríficos (ABF), Francisco Victer, que considera o abate necessário não só por questões econômicas, mas também como estratégia para agregar valor à nossa indústria. Já o consultor da Associação Brasileira dos Exportadores de Gado em Pé (Abeg), Alcides Torres, afirmou que a comercialização de bovinos vivos não inviabiliza outros negócios. Afirma que é mais um canal de escoamento da produção.

A coordenadora Geral de Agronegócios do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Rita de Cássia Vieira, informa que atualmente, apenas 1,6% do rebanho brasileiro é destinado à exportação de bovinos vivos, o que representa anualmente 500 mil cabeças e um lucro de 400 milhões de dólares em 2009 e disse que não há desequilíbrio na cadeia produtiva. O ministério, porém, continuará monitorando o mercado. Apesar do anterior, diz que a venda de bovinos vivos para o exterior interfere pouco na estabilidade do mercado interno brasileiro de carne resfriada ou congelada.

Desde 2006 a indústria vem sofrendo com a redução de rezes disponível para o abate. Este ano, os frigoríficos paraenses estão com mais de 40% de sua capacidade ociosa. Entretanto, mesmo sabendo disso, tanto a Associação Brasileira da Indústria Exportadora de Carne (ABIEC, entidade que defende os interesses dos frigoríficos exportadores) quanto a União das Indústrias Exportadoras de Carne do Estado do Pará (UNIEC, entidade que defende os interesses dos frigoríficos exportadores do Pará) tentam acobertar que, por de baixo do tema ambiental, existe uma manobra muito bem articulada não apenas para derrubar os preços do gado gordo no estado, mas também para tirar muita gente do mercado frigorífico do Pará.

O que resulta no aumento de custos de produção, no aumento de desemprego no setor e retração de investimentos. Os frigoríficos não se colocam contra a exportação de bovinos vivos, desde que haja igualdade de condições e com os mesmos rigores da legislação fiscal, ambiental e sanitária. Enfim, mais uma questão problemática para a cadeia produtiva da pecuária nacional. Os empresários observaram que as 32 empresas frigoríficas geram 20 mil empregos diretos no Estado e precisam de apoio para que, no Pará, não ocorram os problemas que acontecem em outros Estados.

A preocupação da possibilidade de escassez de matéria-prima para os frigoríficos brasileiros tem fundamento. O rebanho brasileiro de gado de corte diminuiu ao longo dos últimos cinco anos. Uma exportação desenfreada de bovinos vivos é danosa para o País, pois deixa de gerar valor agregado nos diversos tipos de indústria que dependem dos produtos e sub-produtos oferecidos pelo boi, tais como frigoríficos, fábricas de tintas, curtumes, fábricas de sabão e sabonete, e muitos outros setores da economia dependentes do boi como matéria-prima.

A exportação de gado “em pé” enfrenta resistências. As ONGs ligadas à Sociedade Mundial de Proteção Animal denunciam maus-tratos sofridos pelos animais devido à falta de infra-estrutura no transporte e nos portos. Cada navio leva até 15 mil animais. Até a Venezuela, são de quatro a sete dias de viagem a partir do Pará. Até o Líbano, de 13 a 18. Os animais, acostumados com alimentação de pastagens, rejeitam rações, que são menos palatáveis. O bovino não “pega cocho” nem se adapta à nova dieta. Especialistas da área veterinária afirmam que, em viagens longas, com mais de cinco dias de jejum, os animais podem sofrer alteração metabólica severa, e até morrer de fome, em razão da perda de minerais que não são repostos.

A questão dos maus-tratos sofridos pelos bovinos que são exportados foi abordada pela Gerente de Animais da Produção da WSPA, a veterinária Dra. Charli Ludtke, que denunciou alguns dos principais problemas enfrentados pelos animais. Segundo Ludtke, alguns navios apresentam condições pobres de bem-estar, causando estresse térmico e físico aos animais, devido às longas distâncias.

Durante a viagem ao Líbano, os animais permanecem de duas a três semanas confinados em currais fechados nos decks dos navios, com pouca ventilação, superlotação, mistura com animais desconhecidos (brigas) e difícil acesso a comedouros e bebedouros. Além disso, há alto risco de contusões, fraturas, sofrimento e mortalidade durante o percurso. A veterinária também abordou questões como insalubridade e precariedade das instalações dos navios, que em muitos casos são adaptados da indústria automobilística e não atendem às necessidades básicas dos animais.

Ludtke também abordou pontos como o reduzido número de áreas de descanso próximas ao local de embarque, de forma que atenda ao grande volume de animais, cerca de 18.000 bovinos, que são transportados pelo navio. Isso sem contar com as longas filas de caminhões na zona portuária, o que expõe os animais ao calor e à desidratação devido a que não existem

bebedouros nos caminhões. Segundo ela, a exportação de gado em pé é prejudicial à imagem do Brasil, sendo um retrocesso na tecnologia de refrigeração.

3.1.3.3 Polêmica no Pará

Os melhores preços dos exportadores colocam em risco o abastecimento dos frigoríficos no estado. A União das Indústrias Exportadoras de Carne do Estado do Pará (Uniec) é contra a venda da produção para fora. Os estrangeiros pagam valores mais altos pelo boi vivo devido à desoneração de impostos, estabelecida pela Lei Kandir. A Assembléia Legislativa do estado aprovou em dezembro o Projeto de Lei nº 367/2007, que cria a taxação para o embarque do boi em pé nos portos do estado, pela emissão do Certificado de Embarque de Bovídeos para o Exterior (por animal). Se a lei for sancionada pelo governo estadual, a cada boi embarcado para o exterior haverá um recolhimento de R$ 23 por documento.

O dinheiro arrecadado com a nova tributação, estimado em R$ 300 mil por mês, será empregado para equipar a Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ) para o programa de combate à febre aftosa. A Federação da Agricultura no Estado do Pará (FAEPA), contrária ao projeto de lei, pretende dar entrada em uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIN). O único certificado obrigatório é a GTA (Guia de Trânsito de Animal), sobre sanidade sanitária, expedida pela Delegacia Federal de Agricultura.

Para a União das Indústrias Exportadoras de Carne do Estado do Pará (Uniec), a medida reduz a vantagem tributária na exportação do boi vivo em relação ao processo de verticalização da cadeia produtiva. Enquanto a exportação de boi vivo é desonerada de tributos, sobre a industrialização da carne incidem impostos, taxas e contribuições.

Como os embarques de boi em pé passam de 20% da capacidade de abate anual da indústria paraense, os frigoríficos temem ficar sem matéria prima e operar com a rentabilidade prejudicada. O estado perde capital, emprego e pratica um comércio desfavorável. O comprador industrializa a carne em seu próprio país, aproveitando os subprodutos, sobretudo o couro. Já os pecuaristas retrucam que a indústria local remunera mal os produtores, pagando menos que em todas as outras regiões, enquanto cobra preços maiores do consumidor final, aumentando seu lucro em detrimento dos fazendeiros e do público.

3.1.3.4 Vantagens das exportações de bovinos em pé

A exportação de bovinos vivos já é um importante canal de escoamento da produção pecuária no Brasil. É importante para a pecuária brasileira em geral e para os produtores rurais, pecuaristas, em particular. Afirmam que o rebanho bovino brasileiro é suficientemente grande e bem distribuído para atender a essa demanda, sem prejudicar os negócios com carne resfriada ou congelada ou mesmo interferir no setor coureiro. A pecuária brasileira permite posicionar o Brasil em primeiro lugar no comércio mundial de carne bovina e em quarto lugar na exportação de bovinos vivos (por via marítima só perde para a Austrália).

Esse mercado, que agrega valor diretamente para o homem do campo, beneficia o conjunto da sociedade brasileira. A riqueza não fica restrita ao dono da carne, mas ao dono do boi, seus empregados, fornecedores, aos que prestam serviços e à comunidade aonde aquele animal foi criado, produzido, o repasse é direto.

No momento, os exportadores paraenses de carne enfrentam dificuldades devido ao fortalecimento do Real. A carne do Pará ainda se torna menos competitiva devido à restrição imposta a esse produto, seja de âmbito sanitário ou comercial, o que inviabiliza o comércio com os maiores mercados do mundo.

Entre os vários benefícios trazidos pelo comércio do boi vivo destacam-se a indústria do confinamento e a alimentação. Foram 80 milhões de quilos de alimentos exportados junto com os bois, com isso a demanda por área de pastagem fica reduzida, ou seja aumenta a produtividade sem precisar desmatar, além de agregar valor. Caso as exportações de boi vivo fossem suspensas, o PIB do Estado perderia R$ 800 milhões por ano e os municípios, das regiões produtoras sofreriam com o empobrecimento súbito, obrigando a paralisação dos projetos sociais em andamento e reduzindo as atividades comerciais e industriais.

3.1.3.5 Rota do escoamento dos bovinos vivos (boi em pé)

As exportações de bovinos em pé na cidade de Belém foi uma novidade da qual não demorou a descobrir: filas enormes de carretas boiadeiras começaram a se formar na Avenida Visconde de Souza Franco, conhecida por Doca, reduto nobre que abriga bares e restaurantes e onde a elite costumava se reunir. Quando o primeiro navio-gaiola partiu, deixou um rastro de fezes que chamou a atenção do Ministério Público. O embarque das boiadas foi então transferido para o Porto de Vila do Conde, do outro lado da baía do Guajará, antes utilizado apenas pelas empresas exportadoras de alumínio e minérios.

No porto de Belém está proibido o embarque de boi vivo por questões ambientais, ficando viável a venda de bovinos vivos apenas pelo porto de Vila do Conde, em Barcarena, a 40 quilômetros de Belém. Outro fator que onerou a venda foi a criação da taxa do Certificado de Embarque de Bovídeos para o Exterior pela Lei 7.076, de 27 de dezembro de 2007, que fixou o pagamento de aproximadamente R$ 23,00 por cabeça exportada.

A saga amazônica acontece no Porto de Vila do Conde, próximo a Belém, os navios-gaiolas (de bandeiras européias), prepara-se para o embarque de 12 mil bois vivos que viajam em pé até o Porto de Beirute, no Líbano, após ter viajado pelas estradas paraense por mais de mil quilômetros. A primeira viagem de boi desde o Pará até o Líbano chegavam a durar 20 dias.

Geralmente a rota do boi começa na fazenda onde é criado o boi, passando por várias fazendas da zona até completar o caminhão, e logo depois faz uma escala no centro de confinamento de outra fazenda no caminho ao porto, para "desestressar" o gado antes de subir aos navios no Porto de Vila do Conde, e

terminaria no Líbano, 12 dias depois. Na Venezuela os bovinos são comprados por frigoríficos. A maior concentração de fazendas criadoras de gado está no sudoeste e sudeste do estado.

Antes de ser embarcado, os responsáveis e encarregados das cabeças de gado, sobe no navio para fazer uma vistoria completa dos alojamentos bovinos. Verifica a qualidade da água e o estoque de feno e ração preparado para a viagem. A primeira tarefa do pessoal é pegar os medicamentos e o laço para vistoriar o gado distribuído em baias nos 14 deques do navio. Numa viagem ao Líbano, a perda pode chegar a 2% dos animais embarcados. Para a Venezuela, viagem que dura de três a quatro dias, não há registro de óbitos. O que dá mais trabalho aos encarregados é reagrupar os animais nas baias, pois os maiores tomam conta dos coxos e não deixam os menores chegarem perto. É o trabalho que chamam de "padronização da boiada".

Como a maioria desses animais é criado solto no pasto, é preciso habituá-los ao ambiente de confinamento no navio. Ao mesmo tempo, como sempre perdem peso nas longas viagens pelas estradas do Pará e do Maranhão até chegar ao destino final, os bois recebem uma alimentação reforçada de feno e ração, a mesma que terão no navio, cerca de 18 quilos por dia.

3.1.3.6 Cálculo da antieconomia: caminhão do boi (caminhão gaiola)

O comprimento da carreta que transporta os bois desde a fazenda até o porto tem um comprimento de 23 metros, e carrega entre 30 a 40 bois de 600 quilos em média dependendo da marca e modelo do caminhão. O trabalho de apartar os bois não é nada fácil em razão de uma exigência dos importadores libaneses. Como eles não aceitam animais castrados, só viajam bois inteiros os touros.

Tendo em consideração que a região sudoeste e sudeste são as regiões de maior produção e criação de boi do estado, consideramos a origem do percurso na cidade chamada Novo Progresso, localizada no centro sul do estado, e até o Porto de Vila do Conde, são aproximadamente 1.000 km em linha reta. Mas devido à falta de infra-estrutura rodoviária na região amazônica, péssimas condições das estradas existentes e restrições da própria natureza, o percurso total é de aproximadamente 1.550 km, levando entre dois a três dias para chegar ao porto, e tendo filas na chegada aguardando o embarque. Os principais trechos do percurso são da BR-163, BR-230 e PA-475, tendo aproximadamente 800 km sobre caminhos de terra batida em péssimas condições.

A respeito das exportações do primeiro semestre de 2010, já foram enviadas para a Venezuela, Líbano, Egito e alguns países africanos, 291 mil cabeças, com um faturamento de US$ 270 milhões, sendo um volume 24% superior aos embarques do primeiro semestre de 2009, quando o setor faturou US$ 183 milhões, com a venda de 236 mil cabeças para o exterior.

De acordo com Alex Silva, da Scot Consultoria (USDA), aponta um crescimento de 15% do setor brasileiro em 2010, mas estimativas da consultoria apontam

para um volume de 620 mil cabeças de bovino vivo exportados até o fim do ano. No ano passado foram embarcados, especialmente via Pará, 519 mil cabeças. Tendo um perfil conservador e não tão otimista, no cálculo consideraremos 582.000 cabeças de boi em pé como exportações totais. Segundo Alex Silva, os preços médios praticados em 2009 giraram em torno de US$ 786 por cabeça. Este ano, a cabeça de boi em pé valorizou em média 18%.

Considerando uma capacidade média do caminhão transportador de gado (caminhão gaiola) de 35 bois em pé, e tomando como hipótese que cada caminhão faz só uma viagem durante o período de exportação, número razoável tendo em consideração o tempo de viagem total (velocidade média, quantidade de pedágios, qualidade das estradas, etc), tempo de parada para descanso do caminhoneiro e do gado, tempo de carga e descarga, tempo de volta do destino final ao ponto de origem, entre outros; precisaríamos de 16.629 caminhões transportadores.

Através do relatório feito pelo CEFTRU no ano 2009 a respeito do panorama do RNTRC, podemos dizer que 57,1% desses caminhões seriam pertencentes aos transportadores autônomos, ou seja, 9.495 caminhões.

Utilizando a equação polinomial para o cálculo do custo de capital, operação e manutenção (COM) por quilômetro por caminhão (Arruda, 2010), teríamos que um caminhão na idade média atual da frota autônoma (22,82 anos segundo relatório do Ceftru) teria um custo COM de R$ 2,063/km, e o custo COM na idade econômica (8 anos segundo Arruda, 2010) é de R$ 0,7286/km.

Com base nos dados acima e utilizando a seguinte equação:

$$COM_{Total} = [n° \, caminhões \, necessários] \times [rota \, (km)] \times \left[\frac{COM}{km}\right] \qquad (34)$$

Teríamos os seguintes resultados:

COM $_{total}$ *(frota atual na idade média)* = R$ 30,36 *milhões* (35)

COM $_{total}$ *(frota atual na idade econômica)* = R$ 10,72 *milhões* (36)

Portanto, o valor total que está se deixando de economizar é R$ 19,6 milhões por ano, o que representa um custo médio de R$ 2.068,32 por caminhão/ano. Considerando o preço médio por cabeça de R$ 1.399 (valor médio obtido das exportações 2009), essa perda representa quase 2,5% das vendas totais do estado, ou seja, mais de 14 mil cabeças de boi ou o equivalente a 400 viagens a menos.

Tabela 10. Resumo esquemático do cálculo e variáveis envolvidas no caso do boi em pé.

Nro.	Variáveis		Boi em pé
1	Rota	Origem (cidade - estado)	Novo Progresso - PA
2		Destino (cidade - estado)	Porto Vila do Conde - PA
3		kms (só ida)	1.550,00
4	Produção transportada através do modal rodoviário (cabeças)		582.000,00
5	Capacidade do caminhão (cabeças)		35
6	Quantidade de caminhões necessários (u) (cálculo (4)/(5))		16.629,00
7	Quantidade de viagens assumidos (v)		1
8	Quantidade de caminhões assumidos (u) (cálculo (6)/(7))		16.629,00
9	Quantidade de caminhões autônomos (u) (cálculo (8)*57,1%)		9.495,00
10	COM total 8 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 8 anos)		30,36
11	COM total 23 anos (milhões de R$) (cálculo equação 32, I = 23 anos)		10,72
12	Antieconomia (milhões de R$) (cálculo (10) - (11))		19,64
13	Externalidade do frete (R$ x caminhão/ano) (cálculo (12)/(9))		2.068,32

Fonte: Elaboração do autor.

3.1.4 Considerações finais da análise empírica das três mercadorias agropecuárias.

Sabendo que a idade econômica de um caminhão é de oito anos, e que a partir dessa idade a frota começa a operar de forma antieconômica trazendo prejuízo; foi observado que com a frota atual envelhecida (23 anos) o custo de capital, operação e manutenção (COM) se torna em média quase três vezes maior do que se a frota estivesse em idade econômica.

Isso gera um alto custo de transporte, aumentando o preço do frete e consequentemente o preço final do produto e diminuindo a margem de lucro do produtor, do transportador e a competitividade do produto no mercado internacional.

Para o estudo de caso apresentado da soja, segundo os cálculos são necessários 102.095 caminhões autônomos para o escoamento da safra e supondo que cada caminhão faz duas viagens de 1.446 km durante a safra, é possível concluir que se houvesse uma frota renovada deixaria de ser gasto anualmente um valor de R$ 210,8 milhões. Portanto representa um custo médio de R$ 2.065,17 por caminhão/ano.

No caso do café mineiro, para o escoamento dessa mercadoria agrícola desde Minas Gerais até o Porto de Santos em São Paulo, percurso de aproximadamente 677,1 km conforme os cálculos, foram estimados que fossem necessários 10.076 caminhões autônomos, e supondo que cada autônomo faz três viagens durante a safra em questão; consequentemente devido à frota envelhecida ter-se-ia uma antieconomia de R$ 9,1 milhões, representando uma externalidade de R$ 903,1 por caminhão/ano.

A respeito do frete do boi em pé, o percurso tem aproximadamente 1.550 km levando os animais desde o sudoeste do Pará até o Porto Vila do Conde perto de Belém, precisando assim de 10.115 caminhões autônomos para o transporte desses animais e supondo que cada caminhão faz só uma viagem devido às condições das estradas, distâncias, tempo da viagem, roteiro de alto risco, além de outras variáveis consideradas; tem-se então um gasto anual de R$ 20,9 milhões. Pode se observar então que devido à elevada idade média da frota que oferece o serviço do frete um custo médio anual de R$ 2.066,2 por caminhão/ano.

A partir dos custos médios obtidos segundo cada mercadoria, pode-se calcular um custo médio geral do frete aplicando uma média aritmética, tem-se uma externalidade negativa média no valor do frete de R$ 1.678 por caminhão/ano e uma antieconomia total somando esses três produtos de R$ 240,8 milhões. A participação de cada mercadoria nesse custo social médio é: 41,01% da soja causado pela imensa produção de soja no Mato Grosso, 41,04% do boi em pé gerado pela grande distância percorrida pelo transportador e 17,95% do café tendo uma produção e distância intermediárias se formos comparar com os outros dois produtos agropecuários analisados.

Se esse montante fosse investido em tecnologia, infraestrutura ou renovação dos caminhões encarregados do frete, traria benefícios para todos os

envolvidos na cadeia produtiva da soja, do boi e do café; o produtor teria uma menor despesa com frete, o transportador teria menos custos no serviço oferecido e o comprador poderia receber o produto a um preço mais competitivo.

É importante esclarecer que os cálculos foram efetuados supondo que o caminhão do transportador autônomo somente realiza determinada quantidade de viagens ao ano, no caso da soja percorrendo durante a safra um total de 5.784 km (duas viagens de 2.892 km), no caso do café percorrendo 4.062,6 km (três viagens de 1.354,2 km) e no caso do boi percorrendo 3.100 km (uma viagem de 1.550 km), quando na realidade o mesmo caminhoneiro autônomo geralmente participa das safras de outros produtos agropecuários ao longo do ano.

Esse caminhoneiro autônomo tem uma média de 10.000 km percorridos por ano (Rocha, Ronchi e Moura, 2011), e considerando uma antieconomia de R$ 1,335 por km percorrido (R$ 2,0636 menos R$ 0,7286), pode-se dizer que provocaria uma externalidade no valor do frete bem maior da calculada, sendo a mesma de aproximadamente R$ 13.350,00 por caminhão/ano.

Tabela 11. Resumo esquemático dos cálculos feitos apartir das três mercadorias escolhidas.

Variáveis		Soja	Café	Boi em pé
Produção transportada modal rodoviário (t, sacas 60kg, cabeças)		10.728.000,00	19.058.598,00	582.000
Rota	Origem (cidade - estado)	Rondonópolis - MT	Guaxupé MG - Varginha MG	Novo Progresso - PA
	Destino (cidade - estado)	Porto de Santos - SP	Porto de Santos - SP	Porto Vila do Conde - PA
	kms (só ida)	1.446,00	677,10	1.550,00
Capacidade do caminhão (t, sacas 60kg, cabeças)		30	360	35
Quantidade de caminhões necessários (u)		357.600	52.941	16.629
Quantidade de viagens assumidos (v)		2	3	1
Quantidade de caminhões assumidos (u)		178.800	17.647	16.629
Quantidade de caminhões autônomos (u)		102.095	10.076	9.495
COM total 8 anos (milhões de R$)		323,3	14,07	30,36
COM total 23 anos (milhões de R$)		112,5	4,97	10,72
Antieconomia (milhões de R$)		210,8	9,1	19,64
Equivalente em mercadoria (t, sacas, cabeças)		473.820,00	3.480.000,00	14.038,00
Externalidade do frete (R$ x caminhão/ano)		2.065,17	903,48	2.068,32
Externalidade média do frete (R$ x caminhão/ano)		**1.678,04**		
Influência na externalidade média total (%)		41,01	17,95	41,04

Fonte: Elaboração do autor.

3.2 MENSURAÇÃO DAS EXTERNALIDADES DOS ACIDENTES NAS ESTRADAS

Os acidentes de trânsito determinam perdas para a sociedade em temos de recursos econômicos, vidas humanas e bem estar social. Conforme pesquisa feita pelo Ministério de Saúde, os acidentes de trânsito são o segundo maior responsável por mortes por causas externas, e também os custos envolvidos nos acidentes de trânsito dominam os componentes dos custos sociais.

Segundo informações do anuário estatístico do DNIT (2004) do universo de condutores envolvidos em acidentes de trânsito 92% são do sexo masculino e a maior parte desses possui idade entre 30 e 40 anos. Muitos desses indivíduos são profissionais ligados aos serviços de transporte (41%). Dos acidentes ocorridos nas rodovias federais policiadas, a maioria dos veículos envolvida é de passeio (63%), seguido pelos de carga (28%) e os coletivos (4%). A maioria dos veículos que circulam nas rodovias tem mais de nove anos de fabricação (97%).

Conforme a OMS, as principais vítimas dos acidentes de trânsito são pessoas entre 5 e 29 anos; dos 1,2 milhões que morrem por ano, metade estão fora dos carros, sendo a principal causa de morte de jovens. De acordo com a agência ligada à Organização das Nações Unidas (ONU), quase metade dos mortos em acidentes rodoviários no mundo são pedestres, ciclistas e motociclistas. Mais de 90% das mortes ocorrem nas nações em desenvolvimento. Nos países mais pobres, 80% das mortes no trânsito são de "usuários vulneráveis", ou pessoas que não estão nos carros. Ainda segundo a OMS, o número de pessoas feridas no trânsito se aproxima de 50 milhões (relatório se baseia em dados de 2008).

No Brasil, são em média 300 acidentes diários com cerca de 1200 pessoas envolvidas, conforme estudo do IPEA (2006). No ano de 2004 foram aproximadamente 13 acidentes por hora nas rodovias federais, envolvendo 1,7 veículos e 4,07 pessoas. Houve em 2005 uma redução de 2,4% no número de acidentes, todavia, um acréscimo de 2,3% no total de mortos.

A Associação Mundial de Rodovias, Paris, 2002, contabiliza ainda:

- Um milhão de mortos, 50 milhões de feridos, 15 milhões de acidentes anuais com vítima, em todo o mundo.
- 80% desses mortos em regiões da África, Ásia, América Latina, e Oriente Médio, 40% do total só na Ásia e Pacífico.
- 70 milhões de diárias hospitalares ao ano, 25% dos leitos disponíveis, nos países em desenvolvimento.
- Custo global de US$ 70 bilhões anuais, mais do que todas as fontes bilaterais e multilaterais de ajuda para regiões emergentes;

- Perdas equivalentes a 1% do PIB para países em desenvolvimento e 1,5% do PIB para países emergentes.

No Brasil, o Anuário Estatístico do DNIT/DPRF menciona 108.597 acidentes em 2000, envolvendo 171.964 veículos, com 6339 vítimas fatais no local do acidente. Ao longo dos anos, estas estatísticas têm refletido um crescimento dos acidentes de trânsito, conforme se pode observar na série histórica abaixo mostrada para os acidentes ocorridos na rede rodoviária federal.

Tabela 12. Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais

Ano	N.º de acidentes
1993	68.781
1994	77.986
1995	95.514
1996	115.169
1997	124.372
1998	120.442
1999	115.429
2000	108.597

Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes - 2000 - DNIT / DPRF

Merece destaque o ano de 1998, em que, com a implantação do novo CTB, registra-se pela primeira vez, nos anos 90, uma redução no número de acidentes, vítimas e veículos acidentados, conforme tabelas 12. e 13.

Tabela 13. Vítimas de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais

Ano	Feridos	Mortos
1993	43.083	6.209
1994	48.523	6.696
1995	56.342	6.967
1996	63.253	7.847
1997	65.678	7.530
1998	60.886	6.711
1999	61.709	6.435
2000	60.316	6.339

Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes - 2000 - DNIT / DPRF

Todavia, o Brasil apresentava em 1995 um índice de fatalidade (número de mortes para cada grupo de 10.000 veículos), de 9,59 mortos/veículo, contra uma variação de 2,50 a 4,00 para o de países como EUA, Japão, Austrália e Grã-Bretanha. Este índice teria decrescido, em nosso país, mais em razão do aumento da frota, caindo para 6,00 em 2000, muito distante dos indicadores de países desenvolvidos.

Os acidentes de trânsito são um dos mais graves problemas de desperdício de recursos materiais, econômicos, e sobretudo humanos, com que se defrontam as sociedades modernas, levando anualmente mais de um milhão de vidas, no mundo inteiro e, segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN),

em torno de 25 mil pessoas só no Brasil, em 2004, o que faz deles um trágico desafio a ser enfrentado principalmente pelas nossas autoridades de trânsito.

Segundo o Banco Mundial, os acidentes de trânsito representam ainda, anualmente, de 1 a 3% do produto nacional bruto de um país. No Brasil, caso fosse estimado em 1 % do PIB Nacional, o custo dos acidentes de trânsito estaria orçado acima de 20 bilhões de reais, em 2004. Portanto, uma perda econômica que o Brasil não se pode permitir.

Acidentes de trânsito são uma das mais devastadoras doenças da sociedade moderna, respondendo por quase 10% dentre todas as causas de morte prematura entre pessoas na faixa etária de 5 a 44 anos, nos países desenvolvidos. Como tal, devem ser enfrentados de forma responsável e continuada, caso se deseje que o Brasil deixe de figurar na lamentável dianteira que hoje ocupa, quando se trata de situá-lo no ranking mundial da mortalidade no trânsito.

Os cálculos de acidentes de trânsito realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) de Agencia Nacional de Transportes Públicos (ANTP) para 49 aglomerações urbanas apresentaram custo médio de acidentes com vítimas no Brasil na ordem de R$ 35.135,00 no ano de 2003. Os custos relacionados aos acidentes de trânsito podem ser dimensionados em função dos seus impactos econômicos sobre a sociedade.

O risco de envolvimento em acidentes é de 5 a 10 vezes maior, nos países em desenvolvimento, levando-se em conta que os países desenvolvidos, a despeito de experimentarem um crescimento similar de acidentes durante as suas respectivas fases de motorização, foram extremamente bem sucedidos em reverter esta tendência nos últimos 20 anos.

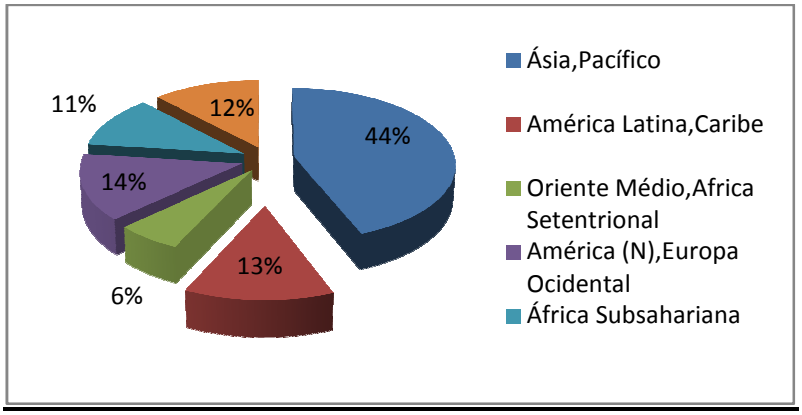

Figura 12.Percentagem de Acidentes de Trânsito por Região.Fonte:DNIT,Custos acidentes de trânsito nas rodovias federais,2004.

3.2.1.1 Estrutura Básica da Função de Custos dos Acidentes

A função de custos definida para estimativa dos impactos econômicos dos acidentes nas rodovias brasileiras ficou composta de quatro grupos de componentes de custos relativos: i) às pessoas; ii) aos veículos; iii) à via e ao

ambiente onde ocorre o acidente; e iv) ao envolvimento de instituições públicas com o acidente, qualquer seja o seu atendimento direto ou outras atividades decorrentes do acidente como processos judiciais, por exemplo.

Assim, a função global dos custos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras ficou definida como segue:

$$C_{acidente} = C_{pessoas} + C_{veículos} + C_{via/ambiente} + C_{institucionais} \qquad (37)$$

Sendo,

Custos associados às pessoas

Custo do atendimento pré-hospitalar: atendimento da vítima por unidades dotadas de equipamentos especiais, com veículos e profissionais especializados (ambulâncias, bombeiros, médicos, etc.).

Custo do atendimento hospitalar: soma dos custos do atendimento médico hospitalar do paciente não internado e do paciente internado na Unidade de Terapia Intensiva e/ou Enfermaria.

Custo pós-hospitalar: a soma dos custos com reabilitação, para os casos de sequela temporária ou definitiva, com procedimentos, medicamentos, transporte, equipamentos e outros.

Custo da perda de produção: é o custo correspondente às perdas econômicas das vítimas de acidente que, em decorrência da interrupção das suas atividades produtivas, deixam de gerar renda e produção ao sistema econômico.

Custo de remoção/traslado e resgate de vítimas: custo de remoção da vítima fatal ao Instituto Médico Legal (IML); e custo de translado, terrestre ou aéreo, da vítima fatal do IML/hospital ao local do funeral.

Gasto previdenciário: é a soma dos custos incorridos: i) à empresa, relativos ao valor da previdência, pago por ela; ii) sobre a previdência social, em virtude do afastamento, temporário ou definitivo, do trabalhador; e iii) sobre as seguradoras, seguro DPVAT (Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre).

Custos de Funerais: O cálculo para a determinação do Custo Funeral consistirá no somatório dos valores básicos por morto, descontados, levando-se em conta a sua idade, a perspectiva de vida média e o custo de oportunidade de capital.

Custos associados aos veículos

Custo dos danos materiais aos veículos: custo de recuperação dos veículos danificados em acidentes de trânsito.

Custo de perda de carga: o custo de avaria da carga que estava no veículo envolvido em acidente.

Custo de remoção/pátio: custo de remoção do veículo e diárias de pátio de armazenamento.

Custo de reposição: despesa incorrida pela substituição do veículo, no período em que ele ficou sem condições de uso.

Custo de ter que utilizar outro meio de transporte: soma das despesas do acidentado com passagens de ônibus, táxi e aluguel de veículo decorrentes da necessidade de locomoção, no período em que o veículo ficar sem condições de uso.

Custo de congestionamento: soma dos custos relativos ao tempo perdido pelos ocupantes de veículos retidos no tráfego e ao aumento do custo de operação desses veículos, em função de congestionamentos gerados por acidente de trânsito.

Custos associados à via e ao ambiente do local de acidente
Custo dos danos à propriedade pública (equipamento urbano e sinalização de trânsito): custo de reposição/recuperação de mobiliário ou equipamentos danificados ou destruídos em função de acidentes nas rodovias.
Custo dos danos à propriedade privada: custo de recuperação de propriedades
particulares danificadas em função de acidentes de trânsito.

Custos institucionais
Custo do atendimento policial e de agentes de trânsito: soma dos custos do tempo dos policiais rodoviários, da utilização de veículos para atendimento no local do acidente e do deslocamento para hospital ou delegacia.
Custo de processos judiciais: custo do funcionamento da estrutura judicial em função do atendimento às questões referentes aos acidentes de trânsito.

Outros Custos "Não-Valorados"
Todo esforço e empenho na revelação científica, objetiva e irrefutável, contida na valoração dos componentes quantificáveis disponíveis, não diminui a importância de outros impactos que sublinham a magnitude gigantesca da dimensão não quantificável, sem tradução monetária, das perdas humanas e ambientais associadas aos acidentes de trânsito. São custos decorrentes das perdas de vida ou de lesões permanentes que impossibilitam uma vida normal, que incidem tanto sobre os envolvidos nos acidentes quanto sobre as pessoas de suas relações. Esses custos são impossíveis de mensurar; mas, quando existem, na maioria das vezes, superam os demais.

Sequelas invisíveis dos acidentes de trânsito
Os impactos do estresse pós-traumático de um acidente na pessoa vitimada e nas suas relações familiares e sociais, embora sejam de difícil quantificação, necessitam ser identificados e caracterizados, pois evidenciam a amplitude da violência dos acidentes.

A reação ao estresse é uma resposta neuroquímica e neurofisiológica do cérebro ao perceber que está em perigo. É uma resposta fisiológica, extremamente adaptativa e adequada, com liberação de hormônios e que nos permite sobreviver. No acidente de trânsito, a reação pode ser vivida como uma experiência traumática dependendo das condições e consequências do acidente, da ocorrência de perdas de vida, da responsabilidade pela perpetração do acidente, o que aumenta a probabilidade de perturbação mental, a depender de fatores de risco ou de fatores protetores.

Os indivíduos envolvidos em acidentes de trânsito, em especial nas rodovias, em condições de distanciamento físico do atendimento e do resgate, desenvolvem um quadro de co-morbidade onde a depressão e a ansiedade são as consequências mais frequentemente descritas no cenário internacional.

Danos ao meio-ambiente — Acidentes com produtos químicos
Os impactos ambientais relacionados a acidentes com produtos químicos, além de difícil mensuração, podem ter implicações totalmente diferenciadas, dado que, para cada produto químico lançado ao ambiente, os impactos são diferenciados e podem variar dependendo do tipo de solo, vegetação, clima da região onde houve o acidente; podem variar, também, de acordo com as características individuais de cada um dos produtos químicos, bem como sua concentração no ambiente, peso, densidade, etc. Portanto, mensurar os custos ambientais em decorrência de acidentes de trânsito envolvendo carga de produtos químicos é uma difícil tarefa. A inclusão desse elemento deve aumentar significativamente o custo dos acidentes de trânsito nas rodovias.

Custos totais por vítima
No relatório especializado COST-313 (Alfaro, Chapuis e Fabre; 1994) destaca-se que a mensuração econômica dos impactos de acidentes de trânsito pode ser dividida em dois grandes grupos de custos: custos por acidente e custos por vítima de acidente. Os custos totais por vítima (C_{tv}) de acidente resultam do somatório de custos diretos (C_{dv}), indiretos (C_{iv}) e de um valor associado ao custo da fatalidade (α), que pode ser representado por:

$$C_{tv} = C_{dv} + C_{iv} + \alpha \qquad (38)$$

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, seguindo:

Custos diretos (C_{dv}): são representados pelos seguintes três custos:
• 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 acidente e danos aos veículos, estradas e construções.

Custos indiretos (Civ): 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. 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. Também inclui-se 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, utilizando-se rendimentos médios ou renda per capita.

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

A maior parcela dos custos de acidentes de trânsito tem se concentrado nos custos de perda de produção e humanos, conforme o relatório especializado de Alfaro, Chapuis e Fabre, 1994.

3.2.1.2 Aspectos metodológicos do cálculo

A partir da categorização oferecida anteriormente dos diversos elementos que formam os custos de acidentes de trânsito, apresentamos aspectos metodológicos para o cálculo dos custos de perda de produção (rendimentos perdidos) de acidentes com mortes no contexto brasileiro.

Tem-se que os custos de perda de produção correspondem às perdas econômicas diretas e indiretas das pessoas resultantes da interrupção temporária ou permanente de suas atividades produtivas, devido ao envolvimento em acidentes de trânsito. Aplica-se a pessoas inseridas nos mercados formal e informal. No caso da morte do indivíduo corresponde ao valor da indenização pela perda dos rendimentos futuros.

A seguinte figura 13 apresenta um esquema para visualizar os diferentes componentes dos custos de perda de produção:

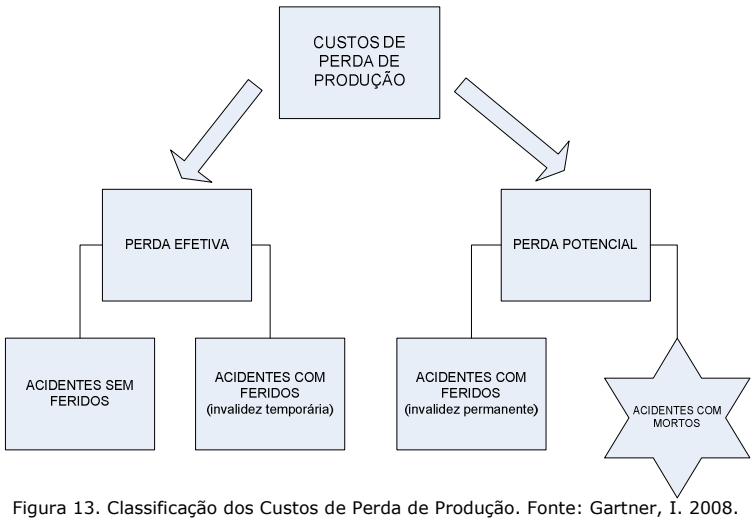

Figura 13. Classificação dos Custos de Perda de Produção. Fonte: Gartner, I. 2008.

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. 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.

No nosso caso utiliza-se o **método do capital humano**, o mesmo é usado para determinar os custos da perda de produção das vítimas de acidentes de trânsito, que são custos indiretos (C_{iv}). Tratando-se 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.

Mishan (1975; 1976), Serôa da Motta (1995) e Miller e Ireland (2000), entre outros autores, partindo-se do pressuposto de que a análise do salvamento de vidas é simétrica com a de perdê-las, destaca **quatro métodos de avaliação econômica do capital humano**, que são descritos na continuação.

A) **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:

$$L_1 = \sum_{t=\zeta}^{\infty} Y_t \; P_{\zeta}^{t} \; (1+i)^{-(t-\zeta)} \qquad (39)$$

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_{ζ}^{t} 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).

O cálculo da perda de produção é complexo, pois é preciso estimar a perda de produção futura à economia associada à interrupção da capacidade produtiva da vítima fatal.

B) **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 conseqüência da morte da pessoa na idade t, cuja expressão da perda para a economia é dada por:

$$L_2 = \sum_{t=\zeta}^{\infty} (Y_t - C_t) \; P_{\zeta}^{t} \; (1+i)^{-(t-\zeta)} \qquad (40)$$

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.

Também, outra expressão utilizada para obter uma aproximação ao cálculo dos rendimentos perdidos é a seguinte (Pindyck e Rubinfeld, 2005):

$$VP(RP_j) = W_0^J + \frac{W_0^J(1+g)(1-\lambda_1)}{1+r} + \ldots + \frac{W_0^J(1+g)^T(1-\lambda_T)}{(1+r)^T} \qquad (41)$$

Em que: $VP(RP_j)$ é o valor presente dos rendimentos perdidos do indivíduo j.

W_0^j é rendimento do indivíduo j no período do acidente.

g é a taxa anual de crescimento do rendimento do indivíduo j.

r é a taxa de desconto.

λ_t ($t = 1,2,\ldots,T$) são as probabilidades de falecimento ou invalidez do individuo j por outra causa.

A externalidade de custos de acidentes nas estradas E_A por caminhão é:

$$E_A = \frac{\sum VP(RP_j)}{\sum k} \qquad (42)$$

A diferença em relação à equação 40 e a equação 41 é que essas expressões representam 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.

C) **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. Isso tende a cobrir o fato de que a vítima fatal não pode mais empreender outras atividades que promovam seu bem-estar.

D) **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 conseqüência de alguma atividade específica. 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 metodologia apresentada e utilizada neste estudo propõe um modo de cálculo específico enfocado ao valor presente dos rendimentos perdidos líquidos $VP(RP)$ para atribuir um valor monetário a vida humana perdida ou inválida para o trabalho mediante um acidente, não se consideram invalidez parcial nem os outros componentes descritos anteriormente.

Portanto, no estudo de caso será feito o cálculo dos custos indiretos no caso de acidentes de trânsito com mortos (vítimas fatais) perdas potenciais, ou seja, os custos de perda de produção potencial líquida quando o acidentado morre.

Vale a pena mencionar que no relatório de custos de acidentes realizado pelo DNIT no ano 2004 demonstra que dos acidentes ocorridos em estradas federais, 28% possuem a participação de veículos de transporte de carga.

3.2.1.3 Aplicação da Metodologia Proposta

Assume-se o salário mínimo mensal do transportador autônomo de R$ 3.776,90 (Rocha e Faria, 2011). Segundo estudo do IPEA 2006 foram 39.207 acidentes envolvendo caminhões e 2.613 mortes contabilizadas nesses acidentes nas rodovias nacionais durante o ano 2004. Supõe-se uma taxa anual de crescimento do rendimento do indivíduo que corresponde à inflação registrada no Brasil no ano 2010 de aproximadamente 4,5%. A taxa de desconto utilizada no cálculo foi 9,37%, sendo a mesma a taxa acumulada do ano 2010 do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC).

A respeito das diferentes categorias da carteira nacional de habilitação, temos a seguinte tabela resumo:

Tabela 14. Categorias da carteira de motorista.

CATEGORIA	IDADE MÍNIMA	TIPOS DE VEÍCULOS	EXEMPLOS
C	18 anos	Veículos utilizados no transporte de cargas, cujo peso bruto total exceda a 3.500 kg; tratores, máquinas agrícolas e de movimentação de cargas, motor-casa, etc.	Caminhões Caçambas
E	**21 anos**	Combinação de veículos em que a unidade tratora se enquadre nas outras categorias; cuja unidade acoplada, reboque, semi-reboque, articulada, ou ainda com mais de uma unidade tracionada, tenha 6.000 kg ou mais de PBT, ou cuja lotação exceda a 8 lugares, enquadrados na categoria “trailer”.	Veículos articulados (carretas, bi-trem, rodotrem, etc.) Ônibus articulado

Fonte: DENATRAN, 2010.

Portanto, no nosso cálculo utilizaremos como idade inicial da perdida de produção os 21 anos, idade mínima para poder tirar a carteira de motorista de

veículo de carga articulado no DETRAN, e consideramos que a vida produtiva do acidentado acabaria aos 65 anos, quando se aposenta.

Para definir as probabilidades de falecimento ou invalidez do individuo j por outra causa, ou seja, não por causa de um acidente na estrada, foram utilizadas Tabelas de Mortalidade, também chamadas Tabela Atuariais, as quais representam diferentes modelos estatísticos.

Planilha da simulação realizada (tabela 15):

Tabela 15. Simulação valor presente dos rendimentos perdidos.

Ano	Periodo	Idade	Componentes da equação				
			$W_0*(1 + g)^t$	$(1 - \lambda_i)$	$(1 + r)^t$	$W_0*(1 + g)^t*(1 - \lambda_i)$	$W_0*(1 + g)^t*(1 - \lambda_i)/(1 + r)^t$
2010	0	21	3.776,90	0,991	1,000	3.776,90	3.776,90
2011	1	22	3.946,86	0,990	1,094	3.907,39	3.572,64
2012	2	23	4.124,47	0,989	1,196	4.079,10	3.410,11
2013	3	24	4.310,07	0,988	1,308	4.258,35	3.254,97
2014	4	25	4.504,02	0,987	1,431	4.445,47	3.106,88
2015	5	26	4.706,70	0,986	1,565	4.640,81	2.965,53
2016	6	27	4.918,51	0,985	1,712	4.844,73	2.830,61
2017	7	28	5.139,84	0,984	1,872	5.057,60	2.701,82
2018	8	29	5.371,13	0,983	2,047	5.279,82	2.578,89
2019	9	30	5.612,83	0,982	2,239	5.511,80	2.461,56
2020	10	31	5.865,41	0,981	2,449	5.753,97	2.349,55
2021	11	32	6.129,35	0,980	2,678	6.006,77	2.242,64
2022	12	33	6.405,17	0,979	2,929	6.270,67	2.140,60
2023	13	34	6.693,41	0,978	3,204	6.546,15	2.043,19
2024	14	35	6.994,61	0,977	3,504	6.833,73	1.950,22
2025	15	36	7.309,37	0,976	3,832	7.133,94	1.861,47
2026	16	37	7.638,29	0,975	4,192	7.447,33	1.776,76
2027	17	38	7.982,01	0,974	4,584	7.774,48	1.695,91
2028	18	39	8.341,20	0,973	5,014	8.115,99	1.618,73
2029	19	40	8.716,56	0,972	5,484	8.472,49	1.545,06
2030	20	41	9.108,80	0,971	5,997	8.844,65	1.474,74
2031	21	42	9.518,70	0,970	6,559	9.233,14	1.407,62
2032	22	43	9.947,04	0,969	7,174	9.638,68	1.343,56
2033	23	44	10.394,66	0,968	7,846	10.062,03	1.282,41
2034	24	45	10.862,42	0,967	8,581	10.503,96	1.224,04
2035	25	46	11.351,23	0,966	9,385	10.965,28	1.168,33
2036	26	47	11.862,03	0,965	10,265	11.446,86	1.115,15
2037	27	48	12.395,82	0,964	11,227	11.949,57	1.064,39
2038	28	49	12.953,63	0,963	12,279	12.474,35	1.015,94
2039	29	50	13.536,55	0,962	13,429	13.022,16	969,69
2040	30	51	14.145,69	0,961	14,687	13.594,01	925,55
2041	31	52	14.782,25	0,960	16,064	14.190,96	883,42
2042	32	53	15.447,45	0,959	17,569	14.814,10	843,20
2043	33	54	16.142,58	0,958	19,215	15.464,60	804,82
2044	34	55	16.869,00	0,957	21,015	16.143,63	768,18
2045	35	56	17.628,11	0,956	22,985	16.852,47	733,21
2046	36	57	18.421,37	0,955	25,138	17.592,41	699,83
2047	37	58	19.250,33	0,954	27,494	18.364,82	667,96
2048	38	59	20.116,60	0,953	30,070	19.171,12	637,55
2049	39	60	21.021,84	0,952	32,887	20.012,80	608,52
2050	40	61	21.967,83	0,951	35,969	20.891,40	580,82
2051	41	62	22.956,38	0,950	39,339	21.808,56	554,37
2052	42	63	23.989,42	0,949	43,025	22.765,96	529,13
2053	43	64	25.068,94	0,948	47,057	23.765,36	505,03
2054	44	65	26.197,04	0,947	51,466	24.808,60	482,04

Fonte: Elaboração do autor.

A somatória do valor presente dos rendimentos perdidos levados ao valor presente é R$ 72.173,55; sendo essa a quantia que a família do caminhoneiro poderia receber em compensação pela morte do indivíduo (indenização).

Considerando que segundo o estudo do IPEA (2006), o número de mortes em acidentes nas estradas brasileiras envolvendo caminhões durante o ano 2004 foi de 2.613 mortes, e os 669.803 caminhões autônomos registrado no RNTRC (2009), teríamos um custo por vítima fatal de **R$ 281,56** por caminhão/ano.

Vale a pena esclarecer que o número de mortos descrito no estudo do IPEA (2006) envolve todas as vítimas fatais sem subdividir entre caminhoneiros autônomos, de empresas ou cooperativas.

Reitera-se que o valor obtido é simplesmente uma aproximação dos custos por vítimas fatais por caminhão/ano, faltando todos aqueles outros custos envolvidos detalhados anteriormente nessa seção, o que levaria a obter uma externalidade bem maior do que a calculada.

A fim de ter uma idéia bem mais ajustada à realidade dos custos totais devido aos acidentes envolvendo caminhões autônomos nas estradas tem-se valor de custos médios do relatório do IPEA (2006). O mesmo estima os custos anuais envolvendo caminhões nas estradas incluindo todos os custos detalhados anteriormente (não unicamente o custo de perda de produção quando há vítimas fatais) atingindo o valor de R$ 3 bilhões. Sabendo que a atual frota brasileira de caminhões é de 1,4 milhão, tem-se um custo unitário aproximado com acidentes envolvendo caminhão de R$ 2.200 por caminhão/ano.

3.2.2 Comentários referentes aos custos dos acidentes nas estradas envolvendo caminhões.

A relevância da valoração monetária e dos estudos relacionados à mensuração dos custos de acidentes nas rodovias federais permite acompanhar os resultados e estimar os benefícios sociais trazidos pelas medidas de segurança de trânsito, particularmente as de controle de velocidade, pesagem, melhorias operacionais e também as corretivas em locais críticos, tendo-se o propósito sempre de se alcançar uma acentuada redução da ocorrência e gravidade dos acidentes de trânsito. Assim também conhecendo tal valoração monetária poderíamos subsidiar estudos, projetos, programas e políticas de segurança viária.

Segundo o Eng. Darcio Centoducato, Diretor de Gerenciamento de Riscos da GPS, empresa de Logística e Gerenciamento de Riscos, após ter feito no ano 2005, um estudo sobre os acidentes de caminhões no Brasil, o foco de atenção da empresa seguradora mudou radicalmente. No passado, falar em Gerenciamento de Risco no Transporte Rodoviário de Carga imediatamente remeteria a inibição de roubos. Hoje, nos programas de Gerenciamento de Riscos da empresa em questão o embarcador já está entendendo que a imagem de sua empresa está em jogo no caso dos acidentes, há um processo evolutivo no nível de consciência para este tema.

Antes apenas o roubo ganhava a exclusiva atenção dos empresários com 11.000 eventos por ano que geravam R$ 1 bilhão em perdas. Lançar luz sobre o fato de que ocorrem 85.000 acidentes com veículos de carga (apenas nas rodovias federais e estaduais) durante o ano 2005, que acarretam em torno de R$ 9 bilhões em prejuízos e que ceifam mais de 8.000 vidas, sem dúvida, reorientou a priorização de tratamento de riscos nas empresas. No estudo em questão, identificaram-se os principais eventos geradores dos acidentes mais frequentes e de maior severidade, e os motivos e as circunstâncias predominantes, que são o tombamento e a capotagem, bem como, os fatores precursores destas ocorrências, a saber, falta de manutenção do veículo, velha tecnologia embarcada, a velocidade incompatível com a curva associada à fadiga do condutor. A partir desse estudo, uma das ações mais impactantes foi trabalhar na melhoria da postura dos motoristas para o combate da fadiga e incentivo à direção segura. Nestes milhares de eventos atendidos anualmente, constataram que a cada 100 acidentes atendidos, eram computadas 28 de vítimas graves e fatais.

Comentado anteriormente, a fadiga dos motoristas e o excesso de velocidade estão entre os dois principais fatores que causam acidentes, um controle da jornada semanal do motorista e tempo de direção diário seriam ações preventivas apropriadas, por estar intimamente relacionada com a fadiga do motorista. Mas não deve esquecer-se da qualidade do descanso do profissional. Isto faz com que o transporte tenha que ocorrer de forma planejada e monitorada, e a única forma de auditar o modo de se dirigir um caminhão em 100% do percurso, é pelo emprego maciço da tecnologia embarcada. Hoje isto é possível pela aplicação da telemetria à prevenção de acidentes.

Conhecendo a realidade nacional, onde a maioria dos caminhoneiros são autônomos, sendo pessoas teoricamente independentes, devemos assumir que o frete tem um dono, e portanto este deve ser o fiscalizador e o responsável por garantir um padrão de viagem segura, reduzindo assim os acidentes. Concluindo que a chave da mitigação e controle do risco de acidentes basicamente depende de duas ações focadas no motorista e na viagem (caminhão - estrada). Diante disso, esse dono do frete, seja ele o embarcador ou a empresa de transporte deve estabelecer regras mínimas de segurança para a operação de transporte de suas cargas, como definir prazos adequados de entregas e rotogramas previamente definidos para cada rota.

3.3 MENSURAÇÃO DA EXTERNALIDADE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL

Desde a década de 1970, vários fatores tiveram grande importância para a indústria de veículos pesados de carga no Brasil; a especialização dos caminhões, que hoje atendem praticamente todas as necessidades do transporte é um item relevante para o setor.

Entre as várias diferenças produzidas pelo tempo entre o transporte rodoviário de carga do início dos anos 70 e a atividade nos dias de hoje, dois itens que merecem destaque são; a distância entre o comportamento e a forma de trabalhar do carreteiro daquela época e o profissional engajado da atualidade e a distância tecnológica dos caminhões de 35 anos atrás e os cargueiros modernos. A introdução de novas tecnologias nos caminhões trouxe melhorias em termos de desempenho, conforto, segurança e proteção do meio ambiente, compatíveis com as necessidades do Brasil e coerentes com as normas internacionais.

A profissionalização do transporte também colocou no mercado veículos com maior capacidade de carga e aumento na velocidade média, assim também a partir de 1994 a motorização eletrônica representou um grande avanço para o setor, pois com ela ficou mais fácil controlar as operações do veículo, houve um enorme ganho de tempo nas paradas para manutenção e até no comportamento do motorista, que passou a lidar com uma máquina muito mais eficiente e mais adequada para o tipo de operação a que se destina.

Esta seção mostra a evolução de marcas e modelos de caminhões no Brasil, as mudanças na legislação nacional, mudanças no chassi, pneus, tanques de combustíveis e amortecedores, evolução dos motores e tecnologias, os benefícios esperados, a escolha dos caminhões tipo para o cálculo e a formulação teórica e análise empírica para medir a externalidade negativa da poluição ambiental subjacente à atual frota brasileira autônoma de caminhões.

3.3.1.1 Evolução dos caminhões: marcas e modelos

A indústria de caminhões se instalou no Brasil nos anos 50, com o incentivo da criação do parque fabril iniciada pelo governo de Juscelino Kubitschek. O primeiro caminhão feito no Brasil foi o Ford F-600, em agosto de 1957. Nas duas primeiras décadas da indústria automotiva nacional, a frota de caminhões era dominada pelos semipesados que atingiam até 75% do total da produção.

Desde aquele momento, muitas novidades chegaram, muitas indústrias pararam de fabricá-los, voltaram e outras desapareceram definitivamente. Até o ano de 2004, segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), cerca de 1.347.447 caminhões (brutos) entre 3,5 e 45 toneladas foram fabricados, de 1957 a 2004. A produção do ano de 2004 chegou ao patamar de 83.005 veículos. O Brasil hoje os exporta para todos os continentes onde, no ano de 2003, vendeu 535.980 caminhões, faturando no mercado interno e externo, 1,8 bilhões de dólares, que representam 11% do PIB industrial. Com tanta atenção prestada a este meio

de transporte, cada montadora tem uma história do seu caminhão mais vendido, ou de maior sucesso.

A brasileira **Agrale**, de Caxias do Sul/RS, se iniciou na construção de brutos em 1982 e o maior sucesso foi o caminhão 1600D, fabricado de 1983 até 1994, vendendo 7.054 unidades. Usava um motor MWM 229.3, com 3 cilindros e 61 CV de potência. O Peso Bruto Total era de 4.350 quilos. Com a carga útil mais a carroçaria pesava 2.260 quilos.

Já a **Ford**, instalada no País desde 1919, começou com a montagem dos famosos modelos T trazidos dos Estados Unidos desmontados em caixotes e começou a montar caminhões no Brasil em 1957. No ano de 1969 comprou a Willys Overland do Brasil S.A e passou a se chamar Ford-Willys Overland do Brasil S.A e depois Ford do Brasil S.A. O modelo mais vendido da marca é o F-4000, com lançamento em 1975, produzido até hoje com a marca de 150.000 unidades, na fábrica instalada em São Bernardo do Campo/SP.

A italiana **Iveco** esteve no Brasil, saiu e retornou em 1998. Montou, em 2000, uma fábrica em Sete Lagoas/MG, onde produz atualmente veículos da marca e o Fiat Ducato. Um de seus maiores sucessos de vendas no Brasil é a linha Daily oferecida nas versões chassi-cabine, furgão e van.

Também sediada em São Bernardo do Campo/SP, a **Mercedes-Benz** começou a montar veículos no Brasil em 1957. O modelo mais comercializado da empresa é o L 1113, produzido entre 1969 e 1987. Neste período, a companhia colocou no mercado 207.713 unidades. Um dos motivos do sucesso do caminhão se resume no motor a diesel.

Há 48 anos a **Scania** produz veículos comerciais no País. Instalada em São Bernardo do Campo/SP e até 1970 chamava-se Scania Vabis do Brasil S.A. Motores Diesel. O caminhão de maior destaque da companhia é o L111, com vendas total de 11.376 unidades. A contínua evolução para mais potência e capacidade de carga, levou aos caminhões “trucados” 6x2, com um terceiro eixo não tracionado e Peso Bruto Total de 20 a 22 toneladas.

Em maio de 1958 é constituída a Simca do Brasil. Em novembro de 1966, a Chrysler International adquire 92% do controle acionário da Simca. Em janeiro de 1979, a Volkswagenwerk AG, adquire 67% da Chrysler Corporation do Brasil. Em novembro de 1980, a **Volkswagen** passa a ter 100% da Chrysler Motors do Brasil. Mas foi somente em 1981, que a montadora lança os primeiros caminhões: os 11.130 e 13.130, com o próprio nome. O caminhão de sucesso é o Titan Tractor 18.310, que começou a ser fabricado em 2002. A montadora encontra-se em Resende/RJ.

A **Volvo** começou suas atividades no Brasil com a montagem de ônibus, em Curitiba/PR, em 1978. Os primeiros caminhões chegaram em 1980 e o modelo de entrada foi o N10. O veículo de maior sucesso da companhia é da família NL, com 37,7 mil unidades vendidas (NL10 e NL12) e ficou em produção de 1989 até 1999. A empresa foi pioneira na motorização eletrônica no País, com o início da importação do FH12, em 1994, uma investida que incentivou o mercado brasileiro de caminhões a entrar na era dos eletrônicos. Entretanto

seu modelo produzido no Brasil com monitoramento eletrônico da injeção de combustível, foi o NL 12, em 1996.

Aqueles motores a gasolina das primeiras décadas da indústria automotiva foram substituídos por motores a diesel na década de 1970 devido ao elevado consumo e preço da gasolina. Entre os anos 70 e 90, a profissionalização do transporte também colocou no mercado veículos com maior capacidade de carga e aumento na velocidade média, despontando nesta fase a migração dos veículos semipesados, dotados com terceiro eixo, para os caminhões de maior porte, os extrapesados.

As diferenças estão estabelecidas em todos os lugares; máquinas barulhentas se transformaram em unidades de trabalho capazes de interagir com o motorista e uma central, que no caso pode ser a transportadora, através dos atuais meios de comunicação, como a Internet, telefone celular e satélite. Ficaram mais fáceis de serem dirigidos e com isso o motorista perdeu a imagem de homem bruto, um tratamento que no passado poderia ser um elogio ou ato discriminatório para um profissional tão importante para o progresso do País.

3.3.1.2 Mudanças na legislação nacional

O lado da necessidade do mercado de motores de maior potência e menores consumos de combustível, a pressão para motores menos poluidores levou a legislações que limitam as emissões. No Brasil estas se denominaram PROCONVE e foram determinadas pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) se baseando nas normas européias. Nota-se um decréscimo acentuado desses novos limites de emissões para caminhões modernos, porém infelizmente os mais antigos continuam em geral rodando sem qualquer controle.

As exigências legais da fase PROCONVE P7 (Euro V), que entrarão em vigor no País em 2012, incluem demandas de controle das emissões na arquitetura eletrônica dos veículos. Elas foram estabelecidas para assegurar que os níveis de emissão de gases poluentes sejam mantidos dentro dos limites pré-estabelecidos ao longo de toda a vida útil dos caminhões. E é por essa razão que uma resolução do CONAMA estabelece a obrigatoriedade de incorporação de dispositivos de autodiagnose das funções de gerenciamento do motor que exerçam influência sobre as emissões.

Na visão geral da indústria de caminhões no País, o estabelecimento de requisitos legais para a emissão de poluentes foi um fato importante. Esta exigência, de acordo com ele, resultou numa contribuição muito grande para o desenvolvimento do transporte de cargas no Brasil, além dos ganhos ambientais.

3.3.1.3 Mudanças no chassi, pneus, tanques de combustíveis e amortecedores

Ao lado das exigências do mercado, como foi dito anteriormente as legislações marcaram a evolução dos motores e dos caminhões. A Lei da Balança fixou índices mínimos de potência por carga total combinada, a fim de aumentar a velocidade dos caminhões em subidas. Os caminhões com baixa potência em

relação ao seu peso se arrastavam morro acima. Hoje um cavalo-mecânico com carreta tem usualmente, em média, 380 cavalos e 45 toneladas de PBTC (Peso Bruto Total Combinado) o que resulta em 8,5 cavalos/tonelada; os caminhões semipesados de três eixos apresentam valores em tomo de 12 cavalos/toneladas e os leves, acima de 15 cavalos/tonelada.

A evolução dos motores, o aumento de carga transportada, o aumento de carga máxima no eixo dianteiro para 6 toneladas levaram ao reforço do quadro e à utilização de materiais mais resistentes. A suspensão foi reforçada, os amortecedores melhorados e adaptados nas condições brasileiras com a tecnologia nacional, com as molas trapezoidais utilizando materiais de alta resistência e a superfície endurecida pelo impacto de pequenas esferas de aço. As próprias molas trapezoidais estão sendo substituídas pelas parabólicas, com o menor atrito entre as folhas, são necessários amortecedores mais reforçados. O reforço das molas parabólicas e o reparo como praticado pelo mercado não são mais possíveis.

As barras estabilizadoras sofreram melhorias e foram cada vez mais utilizadas, principalmente, para caminhões com cargas elevadas, dando assim mais segurança. A evolução das rodas e principalmente dos pneus foi notável. Os pneus diagonais com câmaras foram substituídos por radiais com câmara e numa segunda etapa, por radiais sem câmara. A durabilidade e a segurança foram aumentadas, o consumo de combustível reduzido. Naturalmente a introdução de novas tecnologias como os pneus sem câmara leva o mercado a se adaptar. Mudanças geométricas nas dimensões dos pneus e a utilização de rodas de alumínio levam a reduções de peso de até 41%, levando a um aumento de carga útil considerável.

O tanque de combustível de plástico, livre da corrosão dos antigos tanques de chapa de aço, e a direção hidráulica aumentaram o conforto e a segurança. Em cada componente, agregado ao sistema pode-se notar as novas tecnologias.

3.3.1.4 Evolução dos motores e tecnologias embarcadas

Os motores diesel, baseados no Ciclo Diesel, que tem um rendimento termodinâmico maior do que o Ciclo Otto dos motores a gasolina, são predestinados para aplicação em veículos comerciais e passaram desde aquela época por uma incrível evolução. A evolução tecnológica se dá basicamente de duas maneiras: melhoramento (contínuo) da tecnologia que está sendo aplicada e os grandes saltos quando são introduzidas novas tecnologias, passando dos motores aspirados para turbinados, com intercooler ou eletrônicos. Pode se observar a evolução da potência de motores pesados diesel de 6 cilindros e 12 litros, mostrando um enorme aumento da potência dos motores, que passam de 180 ou 200 cavalos para mais de 430 cavalos.

A partir de 1994, a motorização eletrônica representou um grande avanço para o setor, pois com ela ficou mais fácil controlar as operações do veículo, houve um enorme ganho de tempo nas paradas para manutenção e até no comportamento do motorista, que passou a lidar com uma máquina muito mais eficiente, trata-se da linha de motores a diesel eletrônicos. Mecânica dos motores eletrônicos é necessária, a cada ano mais itens eletrônicos apareceram, tornando inevitável a especialização dos reparadores e a

implantação de equipamentos e ferramentas especiais. Apesar disso, os motores eletrônicos ainda estão saindo do forno.

O primeiro modelo a rodar no Brasil com a tecnologia da eletrônica embarcada foi o Volvo FH12, importado pela montadora em 1994. Além da nova tecnologia, o veículo deu o primeiro passo para a introdução da linha H no Brasil. Destaca-se o início da produção dos caminhões FH no País, em 1998. Esses veículos foram um marco da tecnologia embarcada, que permitia toda uma gestão de frota pelo transportador, além do baixo consumo de combustível, o conforto, a segurança e o design avançado da cabine e o respeito ao meio ambiente.

Apartir da aplicação da PROCONVE 7 (EURO V) teremos:

- Sistemas de pós tratamento dos gases do escapamento.
    - ❖ SCR (Seletive Catalitic Reduction) Veículos maiores / longas distâncias.
    - ❖ EGR (Exhaust Gases Recirculation) Veículos menores / aplicação urbana.
- Diagnóstico eletrônico de eventos – OBD (OnbordDiagnose).
  Redução do desempenho caso falhe o pós tratamento.
- Combustível Diesel de melhor qualidade.
  Especialmente redução do teor de enxofre (S).

SCR – Redução Catalítica Seletiva

Redução catalítica seletiva (SCR) é uma forma de converter os óxidos de nitrogênio, também conhecido como NO_x com ajuda de um catalisador em nitrogênio diatômico, N_2, e água, H_2O. Um redutor gasoso, geralmente de amônia anidra, amônia aquosa ou uréia, é adicionada a um fluxo de combustão ou gases de escape e é absorvida em um catalisador. O dióxido de carbono, o CO_2 é um produto de reação quando a uréia é utilizada como redutor.

A redução catalítica seletiva do NO_x usando amônia como agente redutor foi patenteado nos Estados Unidos pela Corporação Englehard em 1957. Desenvolvimento de tecnologia SCR continuou no Japão e nos EUA no início dos anos 1960 com a pesquisa focando em agentes catalisadores menos caros e mais duráveis. Sistemas comerciais de redução catalítica seletiva são normalmente encontradas em grandes caldeiras (industriais e municipais de resíduos sólidos), utilizado para reduzir NO_x em 70-95%. As aplicações mais recentes incluem os motores diesel, como os encontrados em grandes navios, locomotivas a diesel, turbinas a gás, e atualmente em caminhões.

EGR – Recirculação dos gases de escape

Nos motores de combustão interna, recirculação dos gases de escape (EGR) é uma técnica de redução de emissões de óxido de nitrogênio (NOx), utilizados na gasolina e motores diesel. EGR funciona por meio de recirculação de uma parte dos gases de escape do motor, mandando esses gases de volta para os cilindros do motor.

Em um motor a gasolina, este gás inerte desloca a quantidade de combustível no cilindro e em um motor diesel, o gás substitui alguns do excesso de oxigênio

na mistura de pré-combustão. Devido a formação de NOx aumenta muito mais rapidamente em altas temperaturas, EGR reduz a quantidade de NOx que a combustão gera. NOx forma-se principalmente quando uma mistura de nitrogênio e oxigênio é submetido a altas temperaturas.

Diagnóstico eletrônico de eventos – OBD (OnbordDiagnose)

Os novos veículos terão a tecnologia OBD (On Board Diagnose), ou diagnóstico eletrônico de eventos, que inclui um sensor para indicar o teor de óxidos de nitrogênio (NO_x). É um sistema introduzido para monitorar sinais importantes relacionados às emissões, irá monitorar constantemente o motor e indicará ao motorista eventuais falhas que afetam as emissões. E dependendo da falha detectada, também reduzirá o torque do motor em caso de mau funcionamento persistente e que possa, de alguma forma, comprometer o nível de emissões.

Todo o diagnóstico é feito por meio da supervisão dos sinais de vários sensores distribuídos em diversos pontos da arquitetura eletrônica do caminhão. O sistema OBD faz o monitoramento dos sistemas de injeção, admissão de ar e gases de escape. O OBD irá monitorar, por exemplo, o nível do tanque de $ARLA_{32}$ que o veículo terá. ARLA é a abreviação para Agente Redutor Líquido Automotivo, um aditivo do sistema SCR que contribui para a redução das emissões de gases. Conhecido na Europa como AdBlue, o ARLA não será misturado no diesel, mas ficará armazenado em um tanque separado no caminhão. Feito a base de uréia, se transforma em amônia quando injetado no sistema de escape em altas temperaturas e reage com o óxido de nitrogênio emitido durante a combustão do motor.

Se o nível de NO_x (óxidos de nitrogênio) estiver acima de 3,5g/kWh, o motorista será alertado por um sinal luminoso no painel, a lâmpada MIL (Malfunction Indication Lamp). O sistema inclui um limitador de torque em caso de o nível de emissões de NOx exceda 7,0g/kWh. Este importante sistema controlará, por meio da análise dos sinais dos sensores dos veículos, a qualidade do reagente, sua correta dosagem e disponibilidade, alterações de desempenho do motor quando houver falta e possível emissão excessiva de poluentes indesejáveis.

Combustível diesel de melhor qualidade

O óleo diesel é um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio, é um derivado da destilação do petróleo bruto usado como combustível nos motores Diesel; selecionado de acordo com suas características de ignição e de escoamento, adequadas ao funcionamento dos motores ciclo diesel.

Em outubro de 2002, o CONAMA preocupado com a emissão de poluentes por veículos automotores, editou a Resolução 315, que dispõe sobre a segunda fase do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve). A norma determinava a produção de diesel S50; que tem, no máximo, 50 partes de enxofre por milhão (ppm), a partir de 1º de janeiro deste ano. No entanto, o combustível comercializado hoje nas regiões metropolitanas tem 500 ppm, enquanto o disponível no interior tem 2000 ppm. Ainda segundo a resolução, a indústria de automotores deveria fornecer veículos adaptados ao

novo combustível. A partir de primeiro de março de 2013, quando começará a oferta do novo Diesel automotivo para veículos conforme PROCONVE P7, teremos 10 ppm de enxofre, sendo tal normativa bem exigente.

Entretanto, à véspera do início do período de vigência da Resolução, a Petrobrás e as montadoras de veículos afirmaram não ter condições de cumpri-la. Na ocasião, foi assinado um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) envolvendo Petrobras, Ministério Público Federal, Associação Nacional de Veículos Automotores (ANFAVEA), alguns Estados e Agência Nacional de Petróleo (ANP). O acordo estabeleceu reduções imediatas para o teor de enxofre nos combustíveis comercializados em São Paulo e no Rio de Janeiro. As outras capitais, entre elas Belo Horizonte, cidade pólo da 3ª maior Região Metropolitana do Brasil, somente serão contempladas a partir deste ano (2011).

No entanto, a situação é preocupante já que os compostos do enxofre têm ação corrosiva e, durante a combustão do produto, liberam gases tóxicos prejudiciais não só à saúde, mas, também, à economia e ao meio ambiente. A reação desses gases com a água leva à formação de ácido sulfúrico que pode causar chuvas ácidas e outros danos ao meio ambiente e população em geral.

3.3.1.5 Benefícios esperados

Com a aplicação rigorosa da nova legislação aos veículos de carga, consegue-se reduzir a poluição atmosférica provocada por veículos automotores (fontes móveis), através da busca de limites mínimos de emissão. A aferição também é um bom indicativo do estado de manutenção do conjunto do motor, bomba injetora, bicos injetores, regulagem do ponto de injeção e filtros de ar e combustível, e dá indicativos para um melhor aproveitamento do diesel, alcançando um melhor nível de eficiência energética. A diminuição de poluentes torna o ar mais limpo e o meio ambiente é menos pressionado na extração de matéria-prima. A menor emissão dos veículos a diesel traz economia de combustível e possibilita um melhor desempenho econômico para empresários de transporte e caminhoneiros autônomos.

Com essas exigentes medidas impostas pela PROCONVE 7 (EURO V) todos ganham; as empresas do setor por praticar a responsabilidade sócio-ambiental e maximizar seus lucros, pois são beneficiadas pela redução de custos e a sociedade pela melhoria da qualidade do ar e pela perspectiva de um futuro melhor com a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

3.3.1.6 Teoria aplicada da externalidade da poluição ambiental (atmosférica)

Supõe-se que o caminhão novo seja não-poluidor relativamente ao caminhão velho (Meyer, 2001). Posto isso, propõem a seguinte expressão para medir o custo ambiental subjacente à frota de caminhões:

$$E_p^k = PC_{NOVO}^k - PC_{VELHO}^k \text{ , } k = 1,2,3,..., K \qquad (43)$$

Em que: E_p^k é a externalidade ambiental subjacente ao caminhão *k* da frota atual.

PC^k_{NOVO} é o preço do caminhão novo *k*, na época atual.

PC^k_{VELHO} é o preço do caminhão velho *k*, avaliado na época atual.

Através Rocha, C.H. Ronchi, R.C. Araujo, G., Revista ANTT, 2011, o preço do caminhão velho k, avaliado na época atual, é dado por (considera-se a depreciação λ):

$$PC^k_{VELHO} = VFC^k_{VELHO} - \theta \times VAC^k_{VELHO} \qquad (44)$$

Onde VAC^k_{VELHO} é o valor de aquisição do caminhão velho *k*. Se o caminhão apresentar idade maior ou igual a cinco anos θ = 1, na equação (44), caso contrário (Souza e Clemente, 2009):

Tabela 16. Percentual de depreciação de um caminhão.

Idade/Ano	θ
1	20%
2	40%
3	60%
4	80%

Fonte: Souza e Clemente, 2009.

O valor futuro do caminhão velho *k* VFC^k_{VELHO}, na equação (44), é atualizado monetariamente a taxa δ, assim:

$$VFC^k_{VELHO} = VAC^k_{VELHO} \times (1+\delta)^T \qquad (45)$$

Onde *T* é o tempo (ano); ou seja, é a idade do caminhão velho.

Substituindo a equação (45) em (44), tem-se que o preço do caminhão velho *k*, avaliado na época atual, é função de seu valor de aquisição, dados os parâmetros θ e δ. Registra-se que as equações (44) e (45) foram tomadas emprestadas da economia financeira; desconto de títulos financeiros (Bruni e Famá, 2008).

$$PC^k_{VELHO} = VAC^k_{VELHO} \times ((1+\delta)^T - \theta) \qquad (46)$$

Em suma, a equação (46) diz que o custo ambiental subjacente a frota de caminhões é medido pela diferença entre o preço do caminhão novo não-poluidor e o preço do caminhão velho poluidor *k*, na época atual depreciado. Assinale-se que a literatura de economia do meio ambiente chama essa diferença de custos evitados ou de gastos defensivos (May, Lustosa e Vinha, 2003).

Por fim, sabendo que a frota tem *k* caminhões, o custo ambiental por caminhão é expresso por:

$$E_P = \frac{\sum E_p^k}{\sum k} \quad (47)$$

A equação (47) também pode ser escrita assim:

$$E_P = \sum \frac{k_I}{K} \times E_p^{k,I} \quad (48)$$

Em que $\sum \frac{k_I}{K} = 1$. K_I é o número de caminhões com idade *I* e *K* é o número total de caminhões. $E_p^{k,I}$ é a externalidade ambiental referente aos veículos com idade *I*. Finalmente deve-se anualizar a externalidade

3.3.1.7 Escolha dos caminhões tipo para o cálculo

De acordo com dados das vendas levantados pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), Volkswagen ameaça consolidar a quebra de hegemonia da Mercedes-Benz na primeira colocação do ranking do Top 5 Caminhões mais Vendidos no Brasil em 2010.

Os resultados alcançados pela Volkswagen em 2007 e 2008 com as vendas dos modelos Constellation e Delivery no atacado podem não se consolidar como um caso isolado no histórico dos caminhões mais vendidos no Brasil. Naquela ocasião, o fabricante conseguiu romper uma hegemonia de oito anos consecutivos da Mercedes-Benz, que vinha figurando havia oito anos consecutivos no topo da lista dos caminhões mais vendidos no Brasil, com dois de seus modelos: o Semi-Pesado L 1620 e o leve MB 710.

Enquanto o líder do ranking é indicado para o transporte de cargas em longos percursos em rodovias, o segundo na lista, o 720 da Mercedes-Benz trabalha em uma faixa diferente, destinada à cobertura de pequenos e médios percursos em rodovias, além da distribuição de cargas em área urbana, e seus 115 cv. Motivo pelo qual não foi considerado no nosso cálculo.

A terceira posição em 2010 está com a Volvo, com o modelo FH 440 6X2 TRACTOR, de categoria pesada, com seus 440 cv. Além do motor de 13 litros, o modelo é considerado bastante adequado para cobrir grandes distâncias. O trem de força com caixa automática e relações de diferenciais longas nos eixos traseiros fornece grande fluxo de potência e mantêm a velocidade constante de modo eficiente, com o uso do freio motor VEB 500.

Na quarta colocação vem mais um Semi-Pesado, o Mercedes-Benz L-1620 EURO III. A diferença entre este e o 3ª colocado, no entanto, é pequena. O veículo possui cabine simples, terceiro eixo original de fábrica, motor de 6 cilindros com 231 cv e apresenta um ponto forte no gerenciamento eletrônico do combustível.

Já mais distante no ranking dos Top 5 caminhões mais vendidos em 2010, está o modelo da categoria pesado da Scania, o G420A 4X2, 3. EIXO. Com potência máxima de 420 hp, o motor de 12 litros compõe um trem de força eficiente. A cabine também traz algumas regalias: controle de programação de

velocidade no volante, revestimento interno em tecido ou vinil, luz no degrau, coluna de direção ajustável, espelho angular, revestimento do banco em veludo, cama e outros benefícios.

A partir desse Top 5 da ANFAVEA, o cálculo fundamenta-se nos seguintes caminhões:

1) Marca: Volkswagen – VW
   Modelo: 24 – 250 / 24 – 250 ET Worker 3 eixos 2p Diesel
2) Marca: Mercedes Benz
   Modelo: L – 1620 3 eixos 2p Diesel
3) Marca: Volvo
   Modelo: FH – 12 420 Globetrotter 4x2 2p Diesel

Obtida da tabela da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, FIPE, temos a seguinte série histórica de preços de venda dos caminhões acima mencionados desde janeiro do ano 2001:

Tabela 17. Série histórica de preços de venda.

Ano / Mês	Preço de Venda			Preço Médio
	Marca VW	Marca Mercedes Benz	Marca Volvo	
2001 / jan	95.398,00	80.933,00	154.658,00	110.329,67
2002 / jan	104.163,00	89.082,00	150.731,00	114.658,67
2003 / jan	101.407,00	90.516,00	231.300,00	141.074,33
2004 / jan	96.649,00	113.288,00	276.578,00	162.171,67
2005 / jan	109.370,00	139.817,00	322.536,00	190.574,33
2006 / jan	162.912,00	155.406,00	283.638,00	200.652,00
2007 / jan	177.137,00	160.298,00	286.725,00	208.053,33
2008 / jan	190.020,00	175.247,00	288.578,00	217.948,33
2009 / jan	206.079,00	189.020,00	263.392,00	219.497,00
2010 / jan	182.555,00	171.660,00	239.135,00	197.783,33

Fonte: Elaboração do autor.

3.3.1.8 Cálculo da externalidade negativa da poluição ambiental

A partir do Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2010 feito pela ANFAVEA, conhece-se a produção anual de caminhões no Brasil e assumindo como primeira hipótese que 75% da produção de caminhões fica no país conforme o relatório “O Setor de caminhões no Brasil. Estrutura e Perspectivas” do Sindicato de Metalúrgicos (junho 2009) e como segunda hipótese que 57,1% desses são caminhões autônomos (RNTRC, 2009) temos a seguinte tabela:

Tabela 18. Produção de Caminhões no Brasil. Série Histórica.

Produção de caminhões no Brasil desde 1986

Ano	Produção de caminhões no Brasil (ANFAVEA)	Hipótese 1: 75% fica no mercado interno	Hipótese 2: 57,1% são caminhões de autônomos	Acumulado
1986	84.544	63.408	36.206	36.206
1987	74.205	55.654	31.778	67.984
1988	71.810	53.858	30.753	98.737
1989	62.699	47.024	26.851	125.588
1990	51.597	38.698	22.096	147.684
1991	49.295	36.971	21.111	168.795
1992	32.025	24.019	13.715	182.509
1993	47.876	35.907	20.503	203.012
1994	64.137	48.103	27.467	230.479
1995	70.495	52.871	30.189	260.668
1996	48.712	36.534	20.861	281.529
1997	63.744	47.808	27.298	308.828
1998	63.773	47.830	27.311	336.139
1999	55.277	41.458	23.672	359.811
2000	71.686	53.765	30.700	390.510
2001	77.431	58.073	33.160	423.670
2002	68.558	51.419	29.360	453.030
2003	78.960	59.220	33.815	486.845
2004	107.338	80.504	45.967	532.812
2005	118.000	88.500	50.534	583.346
2006	106.644	79.983	45.670	629.016
2007	137.281	102.961	58.791	687.807
2008	167.330	125.498	71.659	759.466
2009	123.633	92.725	52.946	812.412
2010	179.096	134.322	76.698	889.110

Fonte: ANFAVEA, 2010.

Aplicando a teoria e utilizando os dados e hipóteses anteriores têm-se:

Tabela 19. Comparação preços correntes.

Tempo (2001/jan até 2010/jan)	Preço médio do caminhão velho poluidor (R$)	Preço médio do caminhão novo não poluidor (R$)	Preço do caminhão velho poluidor na época atual depreciado (R$)	Preço do caminhão novo não-poluidor menos preço do caminhão velho poluidor na época atual depreciado (R$)
(2001) 9	110.330	197.783	46.704	151.079
(2002) 8	114.659	197.783	42.260	155.524
(2003) 7	141.074	197.783	44.570	153.213
(2004) 6	162.172	197.783	43.027	154.756
(2005) 5	190.574	197.783	41.288	156.495
(2006) 4	200.652	197.783	74.213	123.570
(2007) 3	208.053	197.783	109.200	88.584
(2008) 2	217.948	197.783	148.554	49.230
(2009) 1	219.497	197.783	184.377	13.406
(2010) 0	197.783	197.783	197.783	0

Fonte: Elaboração do autor.

Combinando tabelas anteriores tem-se:

Tabela 20. Externalidade negativa da poluição.

Tempo (2001/jan até 2010/jan)	Preço do caminhão novo não-poluidor menos Preço do caminhão velho poluidor na época atual depreciado (R$)	Quantidade de caminhões Autônomos	Diferença vezes quantidade de caminhões autônomos
2001	151.079	33.160	5.009.769.303
2002	155.524	29.360	4.566.170.080
2003	153.213	33.815	5.180.855.206
2004	154.756	45.967	7.113.751.066
2005	156.495	50.534	7.908.232.548
2006	123.570	45.670	5.643.499.733
2007	88.584	58.791	5.207.883.634
2008	49.230	71.659	3.527.758.177
2009	13.406	52.946	709.784.062
2010	0	76.698	0

Somatória (R$ x caminhão)	**44.867.703.809**
lade acumulada de caminhões autônomos ano 2010	**889.110**
Total R$/caminhão	**50.464**

Fonte: Elaboração do autor.

O valor anualizado dessa externalidade é de R$ 7.650,83 (por caminhão/ano); usou-se a seguinte expressão e dados para o cálculo da externalidade (Brigham e Houston, 1999; Souza e Clemente, 2009):

$$E_P^A = R\frac{r \times (1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \qquad (49)$$

Sendo que E_P^A é a externalidade poluição atmosférica anualizada, R é igual a R$ 50.464, r é a taxa de juros igual a 4,5% ao ano (BNDES) e N é igual a 8 anos (idade relativa a vida econômica de um caminhão).

4 CONCLUSÕES

Este trabalho tenta ser uma contribuição à análise empírica das externalidades negativas do transporte rodoviário de cargas no Brasil. Estima-se em termos aproximados os custos sociais provocados pela atual frota brasileira autônoma de caminhões. A ênfase é na mensuração das externalidades ambientais, particularmente, a poluição do ar, das externalidades de acidentes nas estradas com vítimas fatais e das externalidades do valor do frete cobrado. Registre-se que autores como Castro (2008) acrescentam ao custo social total produzido pela frota de caminhões o custo de congestionamento, outros autores incluem os danos provocados ao patrimônio pelos acidentes de trânsito (IPEA, 2006).

Admitiu-se que os caminhoneiros autônomos, que respondem por 57,1% do total da frota de caminhões no Brasil, são proprietários de 88% dos veículos com mais de 30 anos e têm dificuldades em conseguir comprar veículos novos. A queda no poder aquisitivo do motorista autônomo mais a falta de planos e incentivos que atendam seu perfil econômico contribuíram para o conhecido cenário atual, que mostra uma frota envelhecida, poluidora e menos segura.

O resultado disso é que perdem (a) os proprietários dos caminhões porque os custos de operação e manutenção aumentam, (b) os proprietários da carga porque as mercadorias tornam-se menos competitiva em termos de preços e, finalmente, (c) perde a população em geral porque aumenta a poluição do ar e a probabilidade de acidentes e congestionamentos nas estradas e, mais, porque diminui o poder de compra da renda.

Repassando a análise empírica feita e os resultados parciais obtidos, observa-se que para o estudo de caso apresentado da soja, segundo os cálculos são necessários 102.095 caminhões autônomos para o escoamento da safra e supondo que cada caminhão faz duas viagens de 1.446 km durante a safra, se tem um gasto anual de R$ 210,8 milhões, o que representa um custo médio de R$ 2.064,7 por caminhão/ano.

No caso do café mineiro, para o escoamento dessa mercadoria agrícola desde Minas Gerais até o Porto de Santos em São Paulo, percurso de aproximadamente 677,1 km conforme os cálculos, foram estimados que fossem necessários 10.076 caminhões autônomos, e supondo que cada autônomo faz três viagens durante a safra em questão; consequentemente ter-se-ia uma antieconomia de R$ 9,1 milhões, correspondendo a uma externalidade de R$ 903,1 por caminhão/ano.

A respeito do frete do boi em pé, o percurso tem aproximadamente 1.550 km levando os animais desde o sudoeste do Pará até o Porto Vila do Conde perto de Belém, precisando assim de 10.115 caminhões autônomos para o transporte desses animais e supondo que cada caminhão faz só uma viagem; tem-se um gasto anual de R$ 20,9 milhões, o que representa um custo médio anual de R$ 2.068,32 por caminhão/ano.

A partir dos custos médios obtidos segundo cada mercadoria, pode-se calcular um custo médio geral do frete aplicando uma média aritmética, tem-se uma

externalidade negativa média no valor do frete de R$ 1.678,7 por caminhão/ano e somando esses três produtos tem-se uma antieconomia total anual de R$ 240,8 milhões. A participação de cada mercadoria nesse custo social médio é: 41,01% da soja causado pela imensa produção de soja no Mato Grosso, 41,04% do boi em pé gerado pela excessiva distância que deve percorrer o transportador e 17,95% do café.

No caso dos custos sociais devidos aos acidentes de trânsito envolvendo caminhões nas estradas, teve-se um custo que por vítima fatal de R$ 281,56 por caminhão/ano. A relevância da valoração monetária dos custos de acidentes nas estradas permite estimar os benefícios sociais trazidos pelas medidas de segurança de trânsito, tendo-se o propósito sempre de se alcançar uma acentuada redução da ocorrência e gravidade dos acidentes de trânsito.

E a respeito da poluição ambiental, obteve-se um custo social de R$ 7.650,83 por caminhão/ano (a maior das três externalidades negativas calculadas).

O custo total anual da externalidade, E_{TOTAL}, provocada por um caminhão autônomo com idade média de 23 anos é:

$$E_{TOTAL} = E_{Frete} + E_{Acidentes} + E_{Pol.Ambiental} \quad (50)$$

Tabela 21. Custo total anual da externalidade por caminhão, em reais.

Externalidade de Valor do Frete (R$)	Externalidade de Acidentes (R$)	Externalidade Ambiental (R$)	Externalidade Total (R$)
1.678,7	281,56	7.650,83	9.611,09

Fonte: Elaboração do autor.

A soma dessas externalidades é de R$ 9.611,09 por caminhão/ano (Tabela 21); sendo evidente que o custo externo cresce à medida que a idade média da frota aumenta. O custo social subjacente à frota autônoma é de pelo menos nove mil seiscentos e vinte e dois reais e sete centavos por caminhão/ano. Esse custo corresponde a 5% do preço de um caminhão novo não-poluidor com tecnologia embarcada.

É bom lembrar que não foram considerados neste estudo os custos externos com congestionamento e danos patrimoniais provocados pela frota de caminhões, e no caso dos acidentes só foram considerados os custos de perda de produção das vítimas fatais.

Tentando ajustar o valor anterior pode-se considerar que o caminhão-tipo autônomo percorra em média 10 mil quilômetros por ano e que conforme Arruda, 2010, tem-se E_F = R$ 1,335 por km, então, o valor da externalidade do frete seria de R$ 13.350,00 por caminhão/ano. Também sabe-se que, segundo o IPEA (2006) estima que os custos anuais com esses acidentes atingem R$ 3 bilhões. Estão incluídos nesse valor os custos com seguridade social por invalidez precoce e os relativos aos rendimentos perdidos. Sabendo que a atual frota brasileira de caminhões é de 1,4 milhão, então, o custo unitário aproximado com acidentes envolvendo caminhão é de R$ 2,2 mil por ano.

Portanto teríamos:

Tabela 22. Custo total anual da externalidade por caminhão, em reais.

Externalidade de Valor do Frete (R$)	Externalidade de Acidentes (R$)	Externalidade Ambiental (R$)	Externalidade Total (R$)
13.350,00	2.200,00	7.650,83	23.200,83

Fonte: Elaboração do autor.

Somando essas externalidades, custo total anual é R$ 23.200,83 por caminhão/ano (Tabela 22); o que corresponde a 12% do preço de um caminhão novo não-poluidor com tecnologia embarcada.

Cabe ressaltar que nessa aproximação faltam os custos dos congestionamentos, ou seja que pode-se atingir até 20%, correspondendo à 1/5 do preço do caminhão novo não-poluidor com tecnologia embarcada.

Idealmente, para se computar exatamente o custo externo produzido pela frota de caminhões, tais como prevêem as fórmulas (21), (42) e (47), seria necessária a obtenção de dados do caminhão *k*, como o seu preço de aquisição no ano *t* (eq. 46), o seu custo de operação, manutenção e de capital (eq. 19), os quilômetros percorridos durante o ano, além da estimativa do rendimento perdido de cada individuo *j* acidentado (eq. 41), entre outras variáveis.

O governo atual do Brasil não tem negligenciado a renovação da frota de caminhões; tanto é que lançou o programa MODERCARGA-BNDES, em 2004, para caminhoneiros autônomos. O mesmo não logrou sucesso; as principais razões para o seu insucesso foram: (a) o alto custo do dinheiro; e (b) as elevadas exigências de garantias conversíveis em dinheiro que assegurassem a liquidação do empréstimo. No ano 2009, o governo lançou o programa PROCAMINHONEIROS, com os mesmos vícios do programa anterior. Arruda (2010) mostrou que os caminhoneiros autônomos não auferem renda do trabalho suficiente para servir uma dívida para trocar o seu caminhão.

Finalmente, o problema que enfrentamos ao lidar com ações que geram efeitos negativos não se limita a restringir os responsáveis; é preciso decidir se os ganhos provenientes da prevenção desses efeitos negativos são maiores ou menores que as perdas sofridas pelo resultado do término da ação que produzia o efeito, portanto resulta fundamental precificá-los.

Reconhecendo que a atual frota brasileira de caminhões provoca perdas excessivas ao bem-estar da sociedade devido ao envelhecimento da mesma e conhecida é sua relevância para a atividade agropecuária nacional; é necessário encarar a renovação da frota como prioridade de governo e com políticas públicas e programas de renovação da frota mais atrativos e eficientes.

5 BIBLIOGRAFIA

ALFARO, L. F., CHAPUIS, M. e FABRE, F. Socioeconomic cost of road accidents. Transport Research – COST 313. Luxembourg, European Comission, 1994.

ALIER, J. M. Economía Ecológica y Política ambiental. Fondo de Cultura Econômica, 2000.

AMAZONAS, M. de C. Valor ambiental em uma perspectiva heterodoxa institucional-ecológica. XXXIV Encontro Nacional de Economia, Salvador (BA), 2006.

ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2008. Disponível em: http://www.anfavea.com.br. Acesso em 24 de junho de 2010.

ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. Relatório de Gestão 2007. Disponível em: http://www.antt.gov.br/pca/2007/RelatorioGestao_2007.pdf. Acesso em 4 de maio de 2010.

ANTT – RNTRC, Agência Nacional de Transportes Terrestres. Dados do RNTRC. 2009. Disponível em: http://www.antt.gov.br/rntrc_numeros/rntrc_emnumeros.asp. Acesso em 5 de dezembro de 2009.

ARRUDA, B. D. L. Análise dos Programas Nacionais de Financiamento para Renovação de Frota dos Transportadores Autônomos. Dissertação de Mestrado em Transportes, 2009. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 2010.

ASSAF NETO, A. Matemática Financeira e suas aplicações. Editora Atlas, 9ª edição, 2007.

BALLOU, R. H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo, Atlas. 1993.

BATEMAN, J. J., TURNER, R. K. Evaluation of the environment: the contingent valuation method. Londres, Cserge GEC, 1992.

BAUMOL, W. e OATES, W. A teoria da política econômica do meio ambiente. 2ª edição, 1992.

BREALEY, E.F. e MYERS, S.C. Princípios de finanças empresariais. Lisboa: McGraw-Hill, 1998.

BRIGHAM, E. F. e HOUSTON, J. F. Fundamentos da moderna administração financeira. Rio de Janeiro, Campus, 1999.

BNDES , Banco Nacional de Desevolvimento Econômico e Social, 2008. O Transporte Rodoviário de Carga e o Papel do BNDES. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, 2008.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2009. Programa BNDES de Financiamento a Caminhoneiros – BNDES Procaminhoneiro. www.bndes.gov.br. Acesso em 5 de junho de 2010.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. Gestão logística de cadeias de suprimentos. São Paulo, Bookman, 2006.

BOYLE, K.J. e BISHOP, R.C. The total value of wildlife resources: conceptual and empirical issues. Association of Environmental and Resource Economists, Boulder, Colorado, 1985.

BRUNI, A. L. e FAMÁ, R. Matemática financeira. São Paulo, Atlas, 2008.

BUARQUE, C. Avaliação Econômica de Projetos. Rio de Janeiro, 1984.

CARVALHO, A.X.; CERQUEIRA, D.R.C.; RODRIGUES, R.I.; LOBÃO, W.J. Custos das mortes por causas externas no Brasil. Brasília, 2007.

CASAROTTO FILHO, N. e KOPITTKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo, Atlas, 10ª edição, 2008.

CASTRO, N. Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro. Artigo disponível no site: http://ssrn.com/abstract=1320202. UFRJ, 2008.

CCCMG, Centro do Comércio do Café de Minas Gerais. Disponível em: http://www.cccmg.com.br.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório anual de qualidade do ar no estado de São Paulo. São Paulo, 2007.

CNT, Confereração Nacional do Transporte. Pesquisa Empresas de Carga CNT, Relatório Analítico, 2002.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. Boletim Estatístico CNT, 2009.

COHEN, E. e FRANCO, R. Avaliação de projetos sociais. Petrópolis, Vozes, 2004.

CONTADOR, C. Projetos sociais: avaliação e prática. São Paulo, Atlas, 2000.

DAMODARAN, A. Investment Valuation. New York, 2002.

DNER, Departamento Nacional de Estrada de Rodagem. Sinopse do Transporte Rodoviário de Cargas. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1976.

DNER, Departamento Nacional de Estrada de Rodagem. Disponível em: http://www.dner.gov.br. 2000

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Custo de acidentes de trânsito nas rodovias federais: sumário executivo. Rio de Janeiro, 2004.

DENATRAN - IPEA - Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras, 2003.

ELLER, R. A. G., SOUSA JUNIOR, W. C. E CURI, M. L. C. Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. Revista de Literatura dos Transportes, 2011.

ESTEVES, G.R.T., BARBOSA, S.R.S., SILVA, E.P. e ARAÚJO, P.D. Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, 2007.

FARIA, S.C. Análise do risco ecológico: um método para o planejamento de bases ecológicas. Corumbá, Mato Grosso do Sul, IV Jornada de Planejamento do Cerrado, 2000.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO MATO GROSSO DO SUL (FAMASUL). Disponível em: http://www.famasul.com.br . Acesso 18 de maio de 2010.

FONTENELLE, M. Função ambiental da propriedade. ARCHE Interdisciplinar, v VIII, 1999.

FREEMAN III, A.M. The measurement of environmental and resources values. Theory and methods. Washington, DC. 1993.

FREITAS, M. B. de. Transporte rodoviário de cargas e sua respectiva responsabilidade civil. 2004. Disponível em: http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=5231. Acesso em 6 julho de 2010.

FIPE, Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2009. Disponível em: http://www.fipe.org.br. Acesso em 4 de agosto de 2010.

GARTNER, I.R. Uma Contribuição ao Cálculo dos Custos de Perda de Produção e Previdenciários de Acidentes de Trânsito no Brasil. UnB – Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais. Revista UnB Contábil, 2008.

GARTNER, I.R. Análise de projetos em bancos de desenvolvimento. Florianópolis, Editora da UFSC, 1998.

GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 2000. Anuário estatístico dos Transportes 2001.

GOLDENSTEIN, M.; ALVES, M. F.; AZEVEDO, R. L. S. A Indústria de implementos rodoviários e sua importância para o aumento da eficiência do transporte de cargas no Brasil. 2006.

GRILICHES, Z. The Search of R&D Spillovers, Scandinavian Journal of Economics, 1992.

GUJARATI, D., Econometria básica. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HANLEY, N., SPASH, C. L. Cost-Benefit Analysis and the Environment. Vermont (USA) e Hants (UK), Edward Elgar Publishing Company, 1993.

HARRIS, J. M. Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach. Teoria das Externalidades Ambientais. Global Development and Environment Institute, Tufts University, 1998.

HOFFMAN, R. Estatística para economistas. São Paulo, Thomson, 2006.

HUFSCHMIDT, M.M. Environmental policy; economic development projects; cost effectiveness. Johns Hopkins University, Baltimore, 1983.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Anual de Serviços de 2006. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tábua Completa de Mortalidade, Ambos os Sexos. 2000. Brasília, 2001.

IMEA, Instituto Mato-Grosso de Economia Agrícola. Disponível em: http://www.imea.com.br/quem-somos.php. Acesso em 18 de maio de 2010.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras. Brasília: Editora do IPEA, 2006.

KAHN, M. E. Introdução à economia do meio ambiente. São Paulo, 1998.

KOUTSOYIANNIS, A. Modern microeconomics. London, Macmillan, 1979.

LIMA, J.R. Homo - Amazonicus: a engenharia da produção do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, COPPE – UFRJ, 1996.

LOPES, S. S. CARDOSO, M. P. e PICCININI, M. S. O Transporte Rodoviário de Carga e o Papel do BNDES. Revista do BNDES, 2008.

MAPA, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Brasil. Principais produtos do agronegócio brasileiro. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. Brasília, 2008.

MAPA, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Brasil. AGE- Assessoria de Gestão Estratégica. Projeções do agronegócio - Brasil - 2008/09 a 2018/19. Brasília, 2009.

MARQUES, J.F. e COMUNE, A. Quanto vale o ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental. XXIII Encontro Nacional de Economia, 1995.

MARSHALL, A. Príncipios de Economia: Tratado Introdutório. São Paulo, 1985.

MAY, P.H., LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

MAY, P.H. Economia Ecológica: aplicações no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

MENDES, J.T.G. e PADILHA JR., J.B. Agronegócio: uma abordagem econômica. São Paulo, Pearson, 2007.

MEYER, C. R. Implicações energético-ambientais de esquemas de sucateamento de automóveis no Brasil. Dissertação Mestrado, Departamento de Ciências em Planejamento Energético, UFRJ, 2001.

MILLER, T. R. e IRELAND, T. R. Emerging Issues in Estimating Lifetime Costs: Life Tables and Productivity Losses. Measuring the Burden of Injury Proceedings. Baltimore, Maryland, 2000.

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

MUELLER, C. C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. São Paulo, Estudos Econômicos, 1996.

NAREDO, J. M. "Economia y sostenibilidad: la economía ecológica en prespectiva". Polis, Revista online de la Universidad Bolivariana, 2001.

NOGUEIRA, J.M. e MEDEIROS, M. A. de. Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. Recife: Anais do XXV Encontro Nacional de Economia, Volume 2, 1997.

OLIVEIRA, R.G. de. e VASCONCELLOS, M.S. de. Manual de Microeconomia. São Paulo, Atlas, 2000.

PEARCE, D. W. An intellectual history of environmental economics. Annual Review of Energy and the Environment, 2002.

PEARCE, D. W. Economics and the global environmental challenge. London, Earthscan Publications,1992.

PEARCE, D. e TURNER, R. Economics of natural resources and the environment. Johns Hopkins University. Baltimore, 1990.

PEREIRA, D.B.S. e ROCHA, C.H. Análise do impacto das condições de rodovias pavimentadas na rentabilidade da frota de transporte rodoviário de carga: um estudo de caso. Brasília: Anais da ANPET, 2006.

PROCONVE (2009). Programa de controle de emissões veiculares. Disponível em http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/areas-tematicas/controle-deemissoes/ programa-proconvepromot/. Acesso em 3 de novembro de 2010.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D. L. Microeconomia. São Paulo, Makron, 2005.

QUATRO RODAS. Disponível em: http://viajeaqui.abril.com.br/guia4rodas/. Acesso em: 2 junho de 2010.

ROCHA, C. H. e FARIA, J. R. Financiamento público da renovação da frota brasileira autônoma de caminhões. Boletim de Economia & Tecnologia, 2011.

ROCHA, C.H. e ARRUDA, B.D.L. Renovação da frota de caminhões da carga agropecuária. Anais da ANPET, 2009.

ROCHA, C. H. RONCHI, R. C. ARAUJO, G. Custos externos subjacentes à atual frota autônoma de caminhões do Brasil: um estudo empírico. Revista ANTT, 2011.

ROSA, C. N. e LINDAU. L. A. Custos Humanos em Acidentes de Trânsito: Valores estimados para Investimentos e Praticados em Tribunais. Anais do XVIII Congresso da ANPET, 2004.

SANDOVAL, D. M. G. L., RONCHI, R. D. G. e ROCHA, C. H. Custos sociais provocados pela atual frota brasileira autônoma de caminhões. Salvador: Anais da ANPET, 2010.

SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J. C. Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas. 1996.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo, Abril Cultura, 1982.

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

SOUZA, A. e CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos. São Paulo: Atlas, 2009.

SWANEY, J. A. Elements of a neoinstitutional environmental economics. Journal of Economic Issues, v. XXI, n. 4, Dec. 1987.

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

TOGEIRO, L. de A. Política ambiental: uma análise econômica. São Paulo, Fundação Editora da UNESP, 1998.

VALENTE, A. M., PASSAGLIA, E.; NOVAES, A.G. Gerenciamento de transporte e frotas. Pioneira: São Paulo, 1997.

VALENTE, A. M.; NOVAES, A. G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. Gerenciamento de Transporte e Frotas. 2ª ed. Thomson Learning, 2008.

VARIAN, H. Microeconomia: princípios básicos. Rio de Janeiro. 2003.

VASCONCELLOS, E.A. Transporte urbano, espaço e equidade:análise das políticas públicas. São Paulo: Annablume. 2001.

VISCUSI, W.K. e ALDY, J.E. The value of a statistical life: a critical review of market estimates throughout the world. Working Paper. Washington, DC. 2003

WANKE, P., FLEURY, P. F. Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos, 2006.

WESEMANN, P. Economic Evaluation of Road Safety Measures. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, 2000.