

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA REDUÇÃO DO  
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO DE CARGAS. CAPACITAÇÃO, APLICAÇÕES  
DE TORQUE E TELEMETRIA PARA VEÍCULOS PESADOS.**

**JURANDI DA SILVA ARRUDA JÚNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**



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

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA REDUÇÃO DO  
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO  
DE CARGAS. CAPACITAÇÃO, APLICAÇÕES DE TORQUE E  
TELEMETRIA PARA VEÍCULOS PESADOS.**

**JURANDI DA SILVA ARRUDA JÚNIOR**

**ORIENTADOR: JOSÉ AUGUSTO ABREU SÁ FORTES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**PUBLICAÇÃO: T.DM – 013A/2014**

**BRASÍLIA/DF: JULHO/2014**

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

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA REDUÇÃO DO  
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO  
DE CARGAS. CAPACITAÇÃO, APLICAÇÕES DE TORQUE E  
TELEMETRIA PARA VEÍCULOS PESADOS.**

**JURANDI DA SILVA ARRUDA JÚNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 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:**

JOSÉ AUGUSTO ABREU SA FORTES, PhD. (UnB)  
(ORIENTADOR)

SÉRGIO RONALDO GRANEMANN, PhD (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)

MÁRCIO DE ALMEIDA D'AGOSTO, Dsc. (UFRJ)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 30 DE JULHO DE 2014.

## FICHA CATALOGRÁFICA

ARRUDA JÚNIOR, Jurandi da Silva.

Desenvolvimento de um método para redução do consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas. Capacitação, aplicações de torque e telemetria para veículos pesados / Jurandi da Silva Arruda Júnior – Brasília, 2014.

xiv, 95p., 210x297mm. (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2014).

Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2014.

1. Redução de consumo de combustível 2. Capacitação. 3. Torque. 4. Telemetria. I. ENC/FT/UnB. II. Título.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARRUDA JÚNIOR, J.S. (2014). Desenvolvimento de um método para redução do consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas. Capacitação, aplicações de torque e telemetria para veículos pesados. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM – 013A/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95p.

### CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Jurandi da Silva Arruda Júnior

TÍTULO: Desenvolvimento de um método para redução do consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas. Capacitação, aplicações de torque e telemetria para veículos pesados.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

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.

---

Jurandi da Silva Arruda Júnior  
SHMA – QC 14 RUA I CS 8 – ACASSIAS  
71699-781 – Brasília-DF- Brasil.  
[arrudalog@gmail.com](mailto:arrudalog@gmail.com)

*“...sempre há o que aprender,  
ouvindo, vivendo e sobretudo  
trabalhando, mas só aprende quem se  
dispõe a rever suas certezas.”*  
(Darcy Ribeiro)

# DEDICATÓRIA

*A Deus e aos meus pais.*

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho só foi possível graças ao apoio primordial de meu professor e orientador, Dr. José Augusto Abreu Sá Fortes, pois sua confiança me fez acreditar que era possível e, a partir daí, tudo aconteceu.

Agradeço às instituições apoiadoras: ITL, Sest Senat, CNPQ, CEFTRU, FINATEC. Também agradeço às empresas CHIPTRONIC Tecnologia Automotiva, pela sessão de equipamentos e pessoas, e Unepxmil 48 horas, por ter apoiado este trabalho em sua aplicação.

Ainda, a todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram, os quais me esquivo de nominar para não cometer nenhuma injustiça por esquecimento.

## RESUMO

### **DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS. CAPACITAÇÃO, APLICAÇÕES DE TORQUE E TELEMETRIA PARA VEÍCULOS PESADOS.**

Este trabalho busca aplicar a capacitação de motoristas e de gestão para, por meio de tecnologia inovadoras, aumentar a competitividade das empresas de transporte rodoviário de cargas no Brasil.

É bastante conhecido o peso da matriz de transporte de cargas brasileira sobre o modo de transporte rodoviário. Apesar desta participação esmagadora, as empresas de transporte nacionais vêm perdendo competitividade e lucratividade, o que enseja a busca por novos métodos de trabalho e de gestão destas organizações para enfrentar os custos crescentes.

Notadamente, os combustíveis têm preponderância nos custos do frete. Para que as empresas tenham maior controle sobre esse insumo do transporte, este trabalho buscou mostrar que uma ação integrada de capacitação dos motoristas em técnicas de condução avançadas, otimização do uso dos motores dos caminhões pesados, em função das rotas e dos tipos de cargas transportados, além de telemetria para aferição do desempenho de ambos, homem e máquina, poderiam gerar economias de combustível consideráveis, o que se mostrou verdadeiro nas três fases de aplicação do método testado.

A conclusão é que o uso do método proposto pode gerar economia de combustível nas empresas da ordem de 12% a 22% do combustível normalmente consumido para o mesmo deslocamento.

Essa economia gera ainda outros ganhos econômicos, como menor custo de manutenção e menor desgaste de material, além de ganhos sociais, pois os motoristas participantes da pesquisa sentiram-se mais valorizados e comprometidos com sua profissão. Adicionalmente, mas não menos importante, temos a redução da poluição ambiental, diretamente proporcional à redução do consumo de combustível pelos veículos movidos a diesel.



## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR REDUCING FUEL CONSUMPTION IN ROAD TRANSPORT LOADS. TRAINING, TORQUE AND TELEMETRY APPLICATIONS FOR HEAVY VEHICLES.**

This paper seeks to apply the training of drivers and management, for, through innovative technology, increasing competitiveness of road freight transport companies in Brazil.

It is well known the weight of the transportation charges on how Brazilian road transport matrix. Despite this overwhelming participation of national transport companies have been losing competitiveness and profitability, which entails the search for new ways of working and management of these organizations to address rising costs.

Notably, the fuel take precedence in shipping costs. For companies to have greater control over this input transport, this study aimed to show that an integrated action, training of drivers with advanced driving techniques, optimizing the use of engines of heavy trucks, depending on the routes and types of loads transported, and telemetry to measure the performance of both man and machine, could generate considerable fuel savings, which proved true in all three phases of the method tested.

The conclusion is that using the proposed method can generate fuel savings companies in the order of 12% to 22% of fuel normally consumed for the same displacement.

This economy also generates other economic gains such as lower maintenance costs and less wear material, and social gains, since drivers survey participants felt more valued and committed to their profession. Additionally but not least, we have the reduction of environmental pollution, directly proportional to the reduction of fuel consumption by diesel-powered vehicles.

## Sumário

1-	INTRODUÇÃO.....	15
1.1-	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.1.1-	Matriz de transporte – consumo energético.....	19
1.1.2-	Consumo de óleo diesel.....	21
1.1.3-	Categorização por tipo de veículo.....	22
1.2-	HIPÓTESE.....	23
1.3-	OBJETIVOS.....	24
1.3.1-	Geral.....	24
1.3.2-	Específicos.....	24
1.4-	JUSTIFICATIVA.....	24
1.5-	METODOLOGIA.....	27
1.5.1-	Estrutura da dissertação.....	27
1.6-	Primeiro Modelo: O <i>Technology/Science-Push</i> .....	28
1.7-	Modelo <i>Demand/Market-Pull</i> .....	29
1.8-	Efeitos positivos da interação dos dois modelos.....	30
1.9-	Aprendizado e capacitação tecnológica.....	31
1.10-	Processo de difusão tecnológica.....	32
1.11-	Trajectoria tecnológica.....	33
1.12-	Ritmo de difusão da tecnologia.....	35
1.13-	Fatores condicionantes.....	36
1.14-	Interpretações dos modelos <i>push/pull</i> nas decisões políticas.....	37
2-	APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO NAS ORGANIZAÇÕES.....	39
2.1-	Teorias de aprendizagem: behaviorismo e cognitivismo.....	40
2.1.1-	Teoria cognitiva social: uma outra abordagem.....	43
2.1.2-	Qualificação da mão de obra.....	47
3-	DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	47
3.1-	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS TRANSPORTES.....	48
3.2-	OTIMIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS.....	52
4-	TÉCNICAS E MÉTODOS DE CONDUÇÃO EFICIENTE.....	53
4.1-	Técnicas de condução avançadas.....	54
4.2-	TELEMETRIA VEICULAR.....	57
4.3-	POSICIONAMENTO E NAVEGAÇÃO – INTRODUÇÃO E CONCEITOS.....	58
4.3.1-	O sistema GPS.....	58
4.3.2-	O sistema GLONASS.....	59

4.3.3-	O sistema GALILEO .....	59
4.3.4-	Transmissão de dados .....	60
4.3.5-	Equipamentos que compõe um rastreador de veículos por satélite .....	66
4.3.6-	Diferenças entre rastreadores e localizadores .....	67
4.3.7-	Sistemas de gerenciamento de frotas por satélite no transporte .....	68
5-	MODELO PROPOSTO.....	69
5.1-	CONSTRUÇÃO DO MODELO .....	69
5.2-	APLICAÇÃO DO MODELO .....	73
5.2.1-	Fase 1 – Remapeamento dos motores.....	73
5.2.2-	Fase 2 – Remapeamento e condução eficiente .....	74
5.2.3-	Fase 3 – Remapeamento, condução eficiente e telemetria .....	74
6-	ANÁLISE DE DADOS .....	79
7-	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	83
	REFERÊNCIAS .....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Círculo vicioso do TRC Brasileiro .....	16
Figura 1.2: Matriz de transporte brasileira .....	19
Figura 2.1: Exemplo do modelo <i>demand-pull</i> .....	30
Figura 2.2: Modelo de difusão de uma tecnologia .....	35
Figura 5.1: Arquitetura de transmissão de dados por satélite.....	62
Figura 5.2: Arquitetura de transmissão por radiofrequência .....	63
Figura 5.3: Arquitetura de transmissão de dados por GPRS .....	64
Figura 5.4: Arquitetura de Transmissão de dados híbrida.....	65
Figura 6.1: Modelo esquemático do método proposto .....	74
Figura 6.2: Curva de torque do motor .....	76
Figura 6.3: Rota adotada pela empresa – Brasília a São Paulo .....	77
Figura 6.4: Trecho de treinamento prático .....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Mecanismos que contribuem para o <i>lock-in</i> tecnológico .....	34
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Comparativo da regulamentação do TRC .....	15
Tabela 1.2: Cenários de consumo de energia em transportes.....	21
Tabela 1.3: Classificação dos caminhões por capacidade de carga.....	25
Tabela 2.1: Exemplo do modelo <i>technology-push</i> .....	28
Tabela 4.1: Nome da Tabela.....	51
Tabela 4.2: Consumo por categoria de veículo .....	51
Tabela 5.1: Intervenções para redução de consumo de combustível.....	53
Tabela 7.1: 1ª viagem teste .....	80
Tabela 7.2: 2ª viagem teste .....	80
Tabela 7.3: Média caminhões referência dezembro/2013 .....	81
Tabela 7.4: Média comparada caminhões referência dezembro/2013 .....	81

## 1- INTRODUÇÃO

No Brasil, o transporte rodoviário de cargas responde por mais de 60% de todo o volume de bens e mercadorias transportados. Considerando apenas as cargas containerizáveis, essa parcela pode chegar a 90% de participação (Wanke, 2010).

A preferência por esse meio de transporte tem fundamentos logísticos, tais como a pulverização da malha rodoviária, que sempre foi a primeira decisão de investimento dos governos nacionais desde a década de 20. Porém, também existem diversos fatores que favorecem indevidamente essa opção (ARAÚJO, Bandeira e Campos, 2012): (i) prática de excesso de carga, que acarreta na destruição da malha rodoviária nacional e em maiores custos de manutenção; (ii) e a prática de cobrança de fretes abaixo do custo, o que impede a renovação da frota (com idade média de 16 anos) e acarreta em maior consumo de combustível, poluição e acidentes.

Quando comparado a outros países, percebe-se que o Brasil é extremamente permissivo em relação ao processo de regulamentação de empresas e autônomos para atuarem no TRC, conforme exemplificado no Quadro 1.1.

**Quadro 1.1:** Comparativo da regulamentação do TRC

ITENS REGULATÓRIOS		EUA	ESPANHA	BRASIL
Registro Nacional		✓	✓	✓
Requisitos Adicionais à Habilitação		✓	✓	●
Responsável Técnico		●	✓	●
Frota Mínima para Registro		●	✓	●
Área Mínima de Terminais		●	✓	●
Vistoria Veicular	Anual	✓	-	✓*
	> 1 Ano	-	✓	-
Autorização de Transporte Contingenciada		●	✓	●
Limitação de Idade Máxima da Frota		●	●	●
Limitação do Tempo de Direção		✓	✓	●
Peso Máximo por Eixo		✓	✓	✓*
Publicação de Tarifas de Frete		✓	●	●
Monitoramento da Faixa de Fretes		✓	✓	●

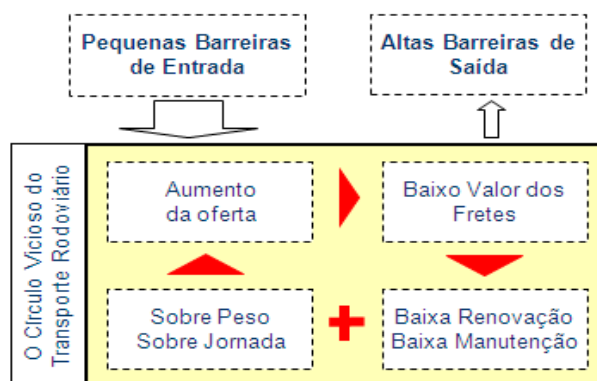
✓ **Existente**      \* No caso do Brasil alguns itens possuem leis específicas, porém não são efetivos na prática      ● **Inexistente**

Fonte: CEL (2002)

Essa permissividade faz com que outros problemas sejam associados às consequências da concorrência predatória, como: tráfego com velocidades excessivas, uso de drogas psicoativas (por motoristas), baixo índice de renovação da frota nacional, sobrepeso no transporte.

Como forma de reduzir custos e minimizar rotas, as empresas transportadoras acabam por terceirizar novamente esse serviço para transportadores autônomos, que praticam preços abaixo do considerado recomendável sob a ótica econômico-financeira. As baixas receitas oriundas desses fretes com fretes distorcidos acarretam em problemas de manutenção veicular, jornadas de trabalho excessivas, sobrecarga nos veículos, incapacidade de renovação da frota, aumento da idade média da frota, aumento do índice de acidentes, inadimplência fiscal e, conseqüentemente, em diversos impactos para a sociedade, no que pode ser chamado de círculo vicioso do transporte de cargas no Brasil (ARAÚJO, Campos e Bandeira, 2012). Dentre os impactos gerados, podem-se enumerar o aumento no índice de acidentes e mortes, a emissão excessiva de poluentes, engarrafamentos e mais consumo de combustível (CNT, 2002). O círculo vicioso descrito por CEL (2002) pode ser mais bem entendido por meio da Figura 1.1.

**Figura 1.1:** Círculo vicioso do TRC Brasileiro



Fonte: CEL (2002)

A concorrência predatória e o sucateamento da frota ocasionam elevação do:

- número de acidentes;
- número de óbitos;
- emissão de gases de efeito estufa (GEE);
- saturação das vias; e



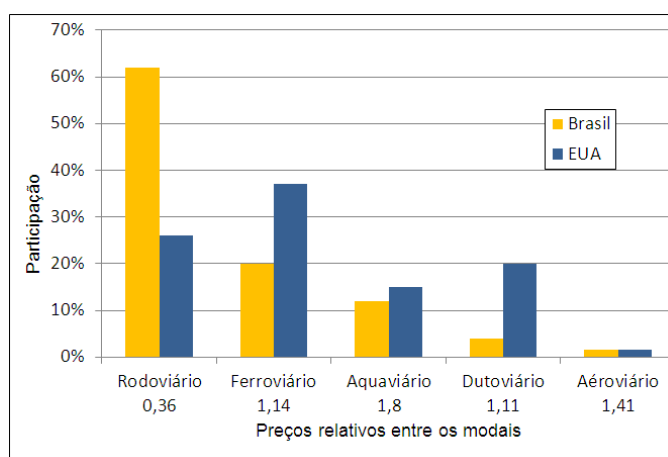
- consumo de combustível.

As restrições à circulação serão ainda mais restritivas para caminhões, uma vez que a fumaça emitida pelos veículos automotores movidos a diesel é potencialmente cancerígena, conforme aponta o Release nº 214 de 2012, da ONU. Portanto, mitigar as externalidades negativas da atividade de transporte, como a emissão de poluentes, é uma necessidade prioritária, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental e do social.

Atualmente não existem diferenças significativas entre as opções e níveis de serviços oferecidos pelos prestadores de serviços de transporte, de modo que as decisões dos clientes são baseadas apenas no custo. Esse fenômeno leva à queda da lucratividade e à concorrência predatória (Barat et al, 2007). WANKE (2010) define ainda que o excesso de oferta no modo rodoviário favorece uma concorrência predatória que influencia negativamente na manutenção preventiva e corretiva dos veículos, na formação dos condutores e na renovação da frota. As ações do governo de estímulo à renovação da frota não conseguem efetividade, devido a vários problemas, como o acesso ao crédito para veículos novos. Dessa forma, é necessário que pesquisas abordem a frota já em circulação, visando a promover um melhor aproveitamento do combustível e mais eficiência energética, o que diminuirá seus custos operacionais e a poluição ambiental gerada por eles.

O Centro de Estudos em Logística (CEL), em parceria com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT), desenvolveu um diagnóstico e um plano de ação denominado “Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País” (CEL, 2002). Ele afirma que poucas barreiras de entrada para se tornar transportador no Brasil são associadas à dificuldade para abandonar o setor, gerando um excesso de oferta que leva a práticas de “canibalismo do frete” no setor. Esse círculo vicioso leva o modal a conviver com manutenções ineficientes, baixo índice de renovação da frota, transporte de cargas com peso acima do limite permitido e jornadas excessivas de trabalho. O estudo demonstra ainda que, ao compararmos o TRC Brasileiro em termos de produtividade da mão de obra empregada com o setor norte americano, o Brasil alcança apenas 22% da produtividade alcançada naquele país.

**Gráfico 1.1:** Distorção da Matriz de transportes e dos preços (Brasil x EUA)



Fonte: Fleury (2003)

Some-se à baixa produtividade do país o impacto da alta nos combustíveis, diminuindo ainda mais a eficiência e a competitividade das empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (TRC), no país. Somente o item combustível, por exemplo, responde por 38% dos custos de frete, que, apesar de serem repassados em parte para o contratante do serviço de transporte, são também absorvidos pelas próprias empresas ofertantes do serviço.

O desenvolvimento de novas tecnologias para o controle do consumo de combustíveis e emissão de poluentes concentra-se nos laboratórios das montadoras e das empresas da cadeia automobilística, que se aplicam essencialmente aos veículos novos. Porém, estudos demonstram que há amplas possibilidades de desenvolvimento de tecnologias aplicáveis aos veículos em operação, conforme demonstra D'Agosto (2012). Se aplicadas, poderão gerar o empoderamento das empresas de transporte, que muitas vezes já dispõem de inteligência embarcada, porém não realizam gestão para o aumento da eficiência energética dos caminhões do transporte de cargas por desconhecerem as reais possibilidades de utilização desses recursos, que hoje são vistos muito mais como centros de despesas do que como ferramentas para vantagem competitiva dos seus negócios.

Ações de qualificação do condutor são necessárias, visando a aumentar a conscientização dos motoristas quanto à importância do seu desenvolvimento profissional para a redução do consumo de combustível. Segundo a ANTT (2013), existem mais de 1 milhão de condutores que, apesar de possuírem o requisito mínimo para o exercício da função de motorista

profissional, a carteira nacional de habilitação-CNH, categoria 'D', não possuem, de fato, treinamento para condução de veículos com foco em redução de consumo de combustível. Apesar das ações do Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (Senat) para qualificar os trabalhadores do transporte, por meio do curso de condução econômica, apenas 0,24% desse público frequentou o curso em 2012.

O principal desafio deste trabalho é analisar e apontar melhorias na operação da frota, por meio de intervenções em equipamentos e comportamentos. Este trabalho também visa a analisar melhorias tecnológicas incrementais já disponíveis de forma integrada, com vistas a promover maior eficácia operacional e sustentabilidade socioeconômica ambiental.

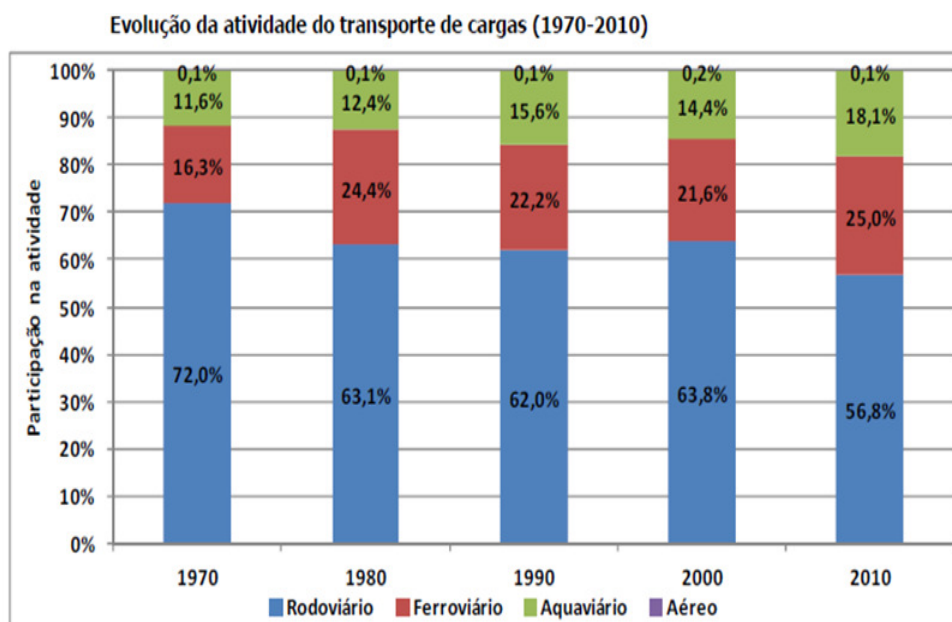
## 1.1- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

### 1.1.1- Matriz de transporte – consumo energético

A matriz de transporte brasileira (

Figura 1.2) demonstra claramente a opção rodoviária do país.

**Figura 1.2:** Matriz de transporte brasileira

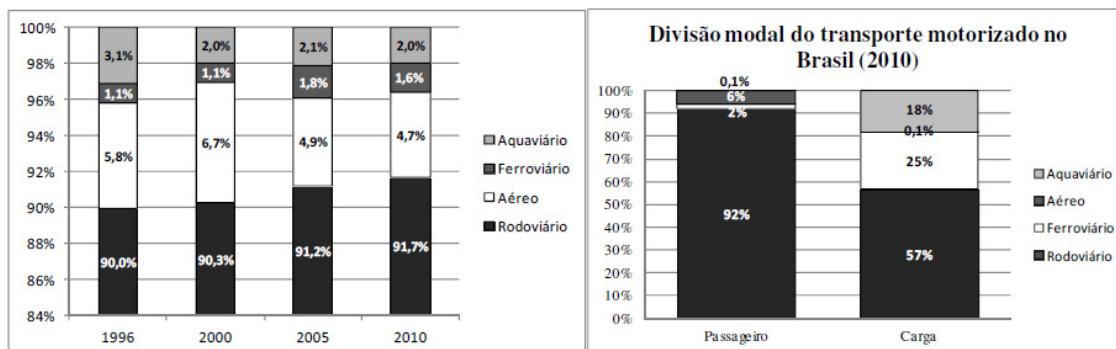


Fonte: Empresa de Planejamento Energético (EPE-2012).

Desta forma, ao observarmos a participação dos modos de transporte no Brasil, verificamos que o transporte rodoviário de passageiros responde por aproximadamente 92% de toda a movimentação de pessoas pelo país. Já o transporte rodoviário de carga movimenta 57% de

todas as cargas transportáveis, tendo mais que o dobro da representatividade, se comparado aos demais modos de transporte, conforme apresentado no Gráfico 1.2.

**Gráfico 1.2:** Consumo de energia (evolução).



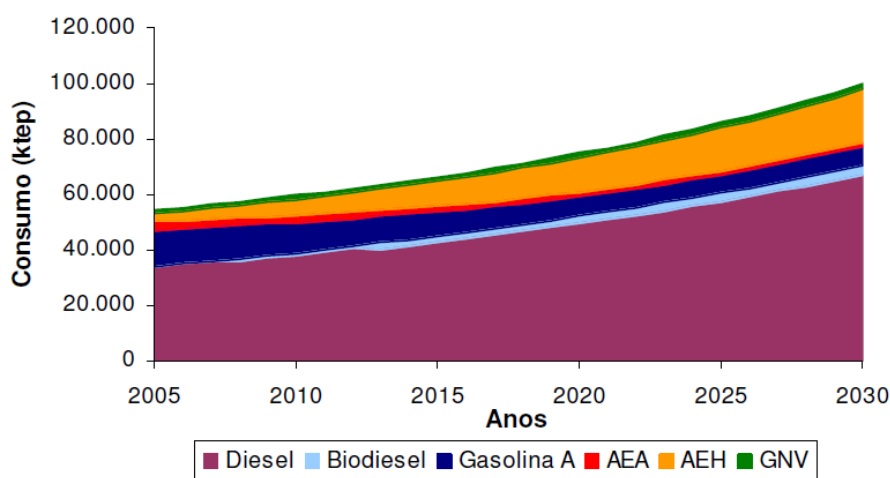
Fonte: PDE (2012).

Essa opção advém de uma época em que o desenvolvimento do interior do país se dava por meio da abertura de mais estradas como eixos indutores de desenvolvimento. O governo da década de 20, por exemplo, sob o comando do presidente Washington Luiz, tinha como lema: “Governar é abrir estradas”. Contudo, a sobrecarga de utilização do modo rodoviário para transporte de cargas, aliado às longas distâncias percorridas para movimentação dos produtos, expõe uma fraqueza desse tipo de transporte: uma maior demanda energética para transportar.

Há pelo menos dois fatores básicos que afetam o consumo energético nos transportes. O primeiro é a demanda do serviço de transporte – definido como, por exemplo, tonelada-quilômetro; o segundo é a modalidade de transporte, que, como visto aqui, tende a ter o rodoviário como primeira e, muitas vezes, única opção. A priorização do modo de transporte rodoviário no Brasil deixa de lado outros modos de transporte mais baratos e, principalmente, menos nocivos ao meio ambiente e à competitividade da economia nacional.

### 1.1.2- Consumo de óleo diesel

**Gráfico 1.3:** Projeção de consumo de combustível



Fonte: Borba, 2008

O Gráfico 1.3 permite avaliar o crescimento quase linear até do consumo de energia pelo setor rodoviário o ano de 2030. Em 2030, a projeção é que o consumo energético total do setor atinja 100 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, com o diesel aumentando sua participação de 63% em 2005 para 71% em 2030. (Borba, 2008)

As perspectivas de consumo de energia do modal rodoviário no cenário de referência se encontram em consonância com as recentes projeções de crescimento energético do setor. O cenário referência pesquisado por BORBA (2008) apresenta o consumo de energia do setor automotivo para o ano de 2015, com base em estudo da Petrobrás, de 67 Mtep. Já de acordo com o cenário referência desenvolvido por SCHAEFFER *et al.* (2004), o consumo energético do modal rodoviário para o ano de 2025 será de 78 Mtep. A EPE (2007) prevê que a demanda de energia para o setor de transporte, incluindo todos os modais, para o ano de 2030 será de 139 Mtep. Veja o Quadro 1.2:

**Quadro 1.2:** Cenários de consumo de energia em transportes

Autor	Horizonte	Abrangência	Quantidade
BORBA (2008)	2015	Setor automotivo	67 Mtep*
SCHAEFFER (2004)	2025	Rodoviário	78 Mtep*
EPE (2007)	2030	Todos os modos	139Mtep*

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, com base nos estudos realizados pelos autores citados na tabela anterior, é possível afirmar que o cenário de consumo de energia em transportes continuará com tendência de crescimento até 2030.

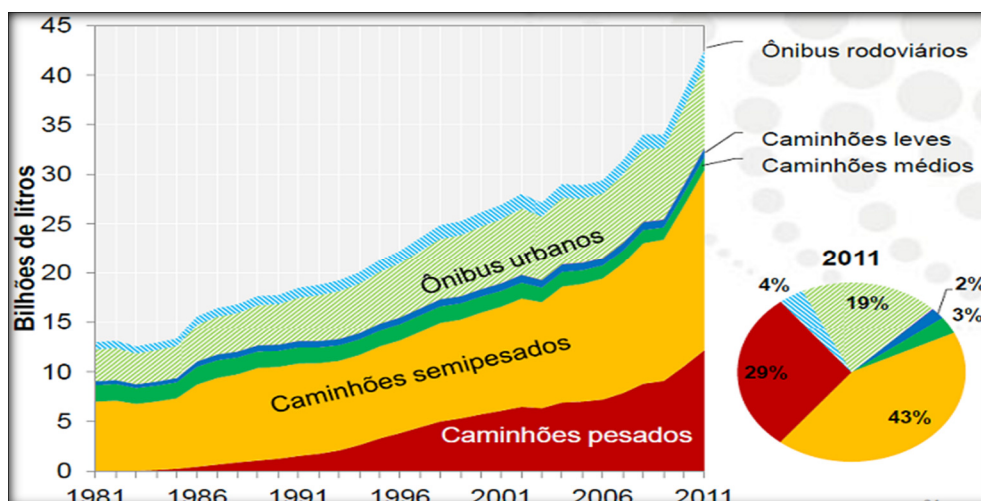
Em 2008, segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP), o consumo de óleo diesel no país foi de 44,8 bilhões de litros. Cada aumento de 1% no consumo de óleo diesel consumido equivale a 447,6 milhões de litros; ao preço médio de R\$ 2,60 por litro (Pesquisa CNT, maio/2014), implica um custo adicional de 1,163 bilhões de reais para as empresas. Em caso de redução de 10% no consumo, a economia total seria de mais de 10 bilhões de reais.

### 1.1.3- Categorização por tipo de veículo

A obtenção de dados sobre o assunto no país merece especial atenção, pois não existe um padrão nacional para a divisão por categorias de veículos, o que dificulta a análise comparativa.

Um recente trabalho realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) em 2013 mostra que, de 1981 a 2011, o consumo de combustível cresceu principalmente entre os veículos pesados. Essa categoria de caminhões respondeu, em 2011, por 29% do consumo entre os veículos de cargas:

**Gráfico 1.4:** Evolução do consumo de combustível por tipo de veículo.



Fonte: Instituto Energia e Meio Ambiente - IEMA (2013)

Para Cruvinel, Pinto e Granemann, (2012) a autonomia dos veículos de transporte de carga novos é de 3,7 Km/l, enquanto que a dos caminhões com mais de 10 anos cai para 2,2 km/l. Já a pesquisa do caminhoneiro realizada em 2012 pela Confederação Nacional do Transporte informa que a quilometragem anual média percorrida por esses veículos é da ordem de 100.000 km/ano.

O grupo delimitado no levantamento dessas informações para aplicação deste estudo foi o dos veículos pesados, em função de seu maior consumo de combustível e pelas possibilidades de economia de escala em caso de aumento da eficiência energética do grupo pesquisado.

Diante do exposto neste capítulo, podemos verificar que o transporte de cargas no país se dá de maneira intensiva por meio do modo rodoviário. Já a frota brasileira, apesar de grande, é bastante velha, e sua renovação caminha a passos lentos. Esses veículos são conduzidos por motoristas com baixa qualificação e pouco preparo para uma condução que vise à eficiência energética, o que aumenta a demanda por combustível. O óleo diesel, principal combustível do transporte rodoviário, já representa quase 40% dos custos de frete no País. Essa conjuntura diminui a rentabilidade do negócio de transporte de cargas, comprometendo a competitividade do setor transportador nacional.

Em função das análises, chega-se ao seguinte problema de pesquisa:

Como aumentar a eficiência energética dos veículos pesados em circulação no cenário de transporte rodoviário de cargas nacional?

## **1.2- HIPÓTESE**

Atualmente há diversos produtos que se propõem a melhorar a eficiência energética dos motores a diesel, monitorar a distância o comportamento mecânico e humano e diminuir a emissão de poluentes jogados na atmosfera.

Além de introduzir novas ferramentas tecnológicas nas empresas de transporte rodoviário de cargas, há a necessidade da adoção de um processo de treinamento e capacitação dos colaboradores dessas organizações, de maneira a alcançar as metas estabelecidas e

minimizar os impactos ambientais, pretendendo-se gerir de modo sustentável os recursos disponíveis. Temos, então, a seguinte hipótese para o trabalho:

A capacitação avançada de motoristas, o remapeamento da potência dos motores e a telemetria podem aumentar a eficiência energética dos caminhões em operação no Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil.

### **1.3- OBJETIVOS**

#### **1.3.1- Geral**

Desenvolver um método que permita reduzir o consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas.

#### **1.3.2- Específicos**

Testar técnicas de condução avançadas adaptadas à realidade brasileira.

Aplicar o remapeamento de torque o módulo eletrônico dos caminhões.

### **1.4- JUSTIFICATIVA**

No transporte, a busca do uso eficiente da energia para garantir resultado econômico satisfatório não está apenas relacionada à evolução tecnológica das máquinas ou sistemas, mas concomitantemente ao desenvolvimento profissional das pessoas. Nesse intuito, é de fundamental importância educar, informar e motivar, implantando a consciência do uso racional da energia e, em especial, dos combustíveis. Ora, esse item da planilha de custos das empresas tem peso significativo e preponderância em relação aos demais insumos e é diretamente influenciado pelo modo de condução dos motoristas. Uma pesquisa realizada pela revista O Carreteiro afirma que o diesel tem peso decisivo na composição dos custos da ordem de 40% a 60% dos custos totais da viagem para os Transportadores Autônomos de Cargas-TAC. Já para as Empresas de Transporte de Cargas (ETC), esse custo responde por 38% a 42%. O fator combustível é, portanto, o objeto de pesquisa desta pesquisa, em função da sua relação direta com os impactos econômicos, sociais e ambientais.

Para este trabalho, adotou-se a categorização de veículos de carga utilizada pelo 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores (NEAVAR), que divide os veículos de carga por categorias baseadas em faixas de capacidade estática medidas por Peso Bruto Total (PBT), conforme a Tabela 1.1.



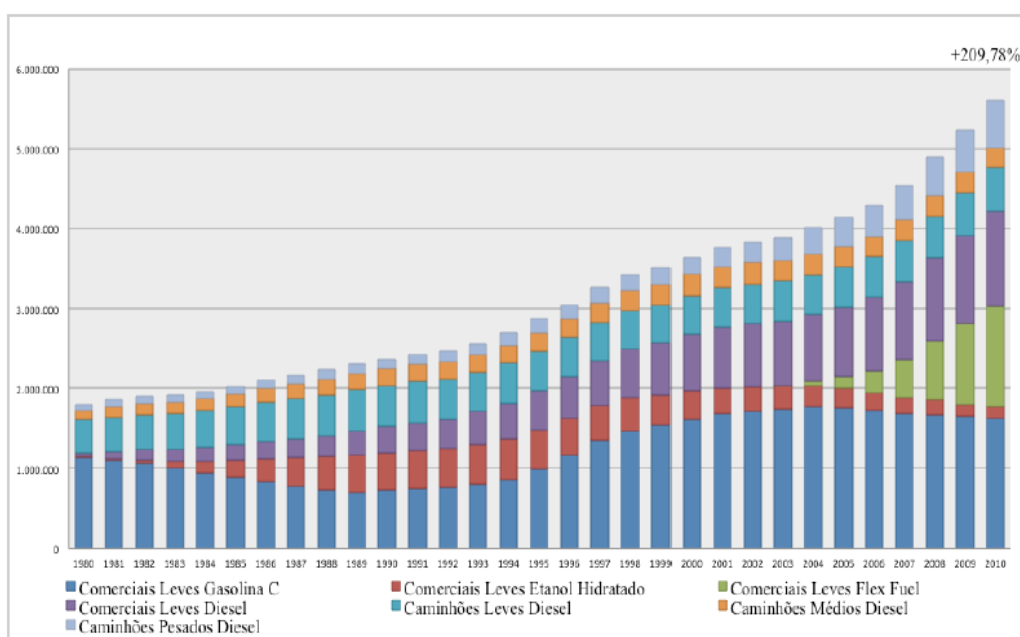
**Tabela 1.1:** Classificação dos caminhões por capacidade de carga

<b>Categorias</b>	<b>PBT</b>
Comerciais leves	PBT < 3,5t
Caminhões leves	3,5t < PBT < 10t
Caminhões médios	10t < PBT < 15t
Caminhões pesados	PBT > 15t

Fonte: Elaboração do próprio autor com base no 1º INEAVAR

A análise do 1º INEAVAR mostra que a evolução quantitativa da frota de caminhões foi de 209% no período de 1980 a 2010 e é maior nos veículos pesados, que hoje representam 10% do total de veículos de carga, conforme Gráfico 1.5.

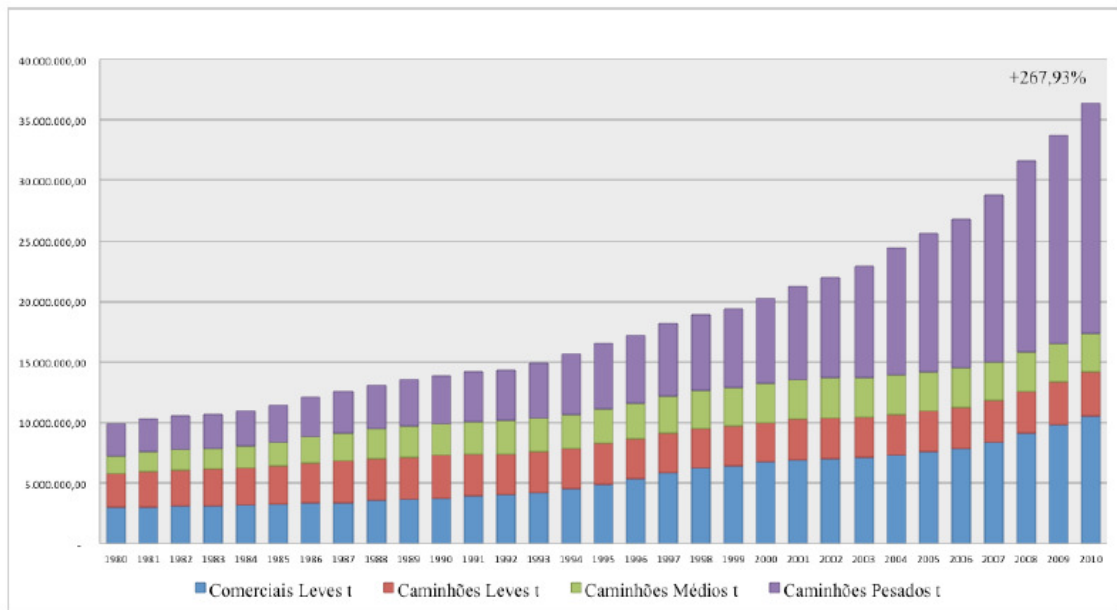
**Gráfico 1.5:** Evolução da frota brasileira de veículos de carga por quantidade.



Fonte: 1º INEAVAR (2011)

Ainda segundo esse inventário, a capacidade de carga dos caminhões em toneladas também cresceu no período, chegando a 267%. Esse número é, portanto, superior ao crescimento de veículos para o período, e demonstra que a frota cresce em quantidade de veículos e em capacidade de carga. A tendência para os próximos anos, com base no levantamento histórico, é de continuidade na trajetória.

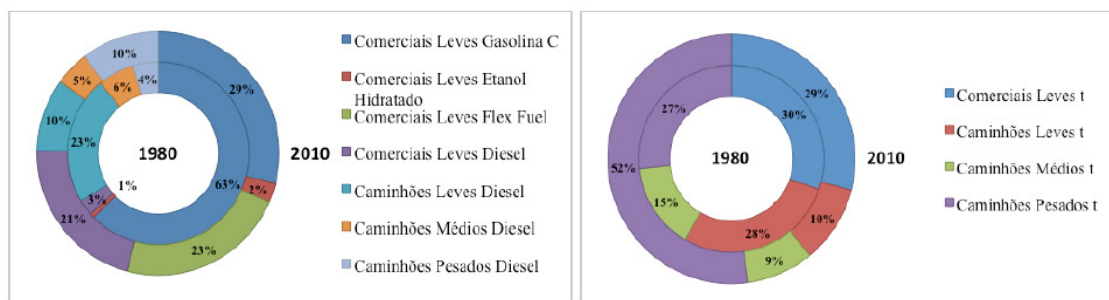
**Gráfico 1.6:** Evolução da frota brasileira de veículos de carga por capacidade.



Fonte: 1º INEAVAR (2011)

Como a categoria que apresentou maior crescimento foi a pesada, a evolução por capacidade das categorias por toneladas apresenta um crescimento maior do que por unidades.

**Gráfico 1.7:** Perfil da frota de veículos de carga por percentual de unidades de veículos e capacidade de transporte.



Fonte: 1º INEAVAR (2011)

A análise comparativa dos gráficos nos impõe a tendência de crescimento dos veículos pesados tanto em unidades em operação quanto em capacidade máxima de carga. Tal fato apresenta riscos tanto à malha viária quanto ao desempenho energético, visto que há uma relação direta entre capacidade de carga, estado de conservação das vias e consumo de combustível.

## **1.5- METODOLOGIA**

### **1.5.1- Estrutura da dissertação**

O presente trabalho possui 5 capítulos. O primeiro apresenta o cenário do consumo de óleo diesel, a matriz de transporte e seu consumo energético. Continua estratificando esse consumo por tipo de veículo dentro do Transporte Rodoviário de Cargas (TRC). A partir desse panorama, levanta-se o problema de pesquisa, bem como a hipótese deste trabalho. A seguir, temos os objetivos, justificativa e metodologia da dissertação.

O segundo capítulo faz uma revisão da literatura, buscando demonstrar os modelos de indução tecnológica, um breve cenário de eficiência energética no Brasil e no mundo e as possibilidades de aumento da eficiência energética por meio da otimização dos equipamentos utilizados nos caminhões. Demonstra ainda as técnicas e métodos de condução de veículos visando à economia de combustível e, por fim, discorre sobre as possibilidades de monitoramento da operação por meio da telemetria veicular.

O terceiro capítulo demonstra a construção do modelo de redução de consumo de combustível por meio de técnicas de remapeamento dos motores a diesel, condução avançada de veículos e monitoramento por telemetria. Continua ainda exibindo a estruturação das fases de teste do modelo e seus respectivos resultados de aplicação.

O quarto capítulo faz uma análise dos dados da aplicação do modelo.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões do trabalho, recomendações e sugestões de pesquisas futuras.

### 1.6- PRIMEIRO MODELO: O *TECHNOLOGY/SCIENCE-PUSH*

O grande êxito da pesquisa básica para o desenvolvimento tecnológico durante a segunda guerra mundial deu ênfase à teoria de que a ciência poderia ser o único vetor para o crescimento econômico. A crença no papel da pesquisa básica como principal determinante do processo de inovação se expressou no grande suporte às políticas públicas tecnológicas, principalmente nos Estados Unidos (COOMBS et al, 1987). O modelo dominante de inovação nessa época era baseado em um modelo linear de inovação, também conhecido na literatura como *technology-push*, que consiste em uma sequência de etapas que se iniciam com a pesquisa básica e terminam na venda do produto no mercado.

Ensina-nos ainda Campos que a pesquisa básica refere-se ao trabalho científico de caráter teórico ou experimental, que visa a contribuir de forma original ou incremental para a compreensão sobre fatos e fenômenos observáveis e teorias, sem ter em vista aplicação específica imediata. A pesquisa aplicada é similar à básica, porém com o objetivo de obter resultados com finalidades práticas e específicas (CAMPOS, 2006).

**Quadro 1.3:** Exemplo do modelo *technology-push*

<b>Etapas</b>	Pesquisa Básica	Pesquisa Aplicada	Desenvolvimento Tecnológico	Produção
<b>Risco Econômico</b>	Alto	Intermediário	Intermediário	Baixo
<b>Escala</b>	Laboratório	Laboratório	Protótipo	Grande Escala

Fonte: CAMPOS (2006).

O modelo linear da inovação data dos primeiros trabalhos de Schumpeter, que retratou a tipologia do ciclo de vida da mudança tecnológica em termos dos estágios de invenção, inovação e difusão (CHRISTIANSEN, 2001). A invenção se relaciona à criação de produtos, técnicas ou processos não existentes anteriormente, sem necessariamente serem lançados no mercado com sucesso comercial. A inovação se caracteriza por ser a aplicação comercial efetiva de uma invenção. A difusão é caracterizada como a divulgação desta entre os membros de um sistema social (TIGRE, 2006).

De acordo com os trabalhos iniciais de *Schumpeter*, um empreendedor é motivado a assumir o risco inerente de introduzir uma nova ideia e superar as barreiras estabelecidas no mercado, devido à expectativa de adquirir uma posição de monopólio temporário que lhe trará lucros enquanto o monopólio existir. Em trabalhos posteriores, este autor observou que a inovação requer outros recursos, tal como investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Nesse caso, um competidor monopolista ou firmas oligopolistas podem ter mais acesso a tais recursos do que um competidor em um mercado atomizado. Assim, ele reconheceu, em seus trabalhos posteriores, uma crescente institucionalização da pesquisa e do desenvolvimento (COOMBS et al, 1987).

Os estudos de FREEMAN (1974) e NELSON e WINTER (1982) introduziram uma visão menos determinística e mais interativa para a abordagem *technology-push*, reconhecendo outras nuances do processo de inovação que o modelo estritamente linear ignorava (NEMET, 2009). Esses autores consideram a disponibilidade de exploração das oportunidades tecnológicas de cada indústria, a importância do fluxo de conhecimento entre os setores industriais e as capacidades e competências da firma, que modificam sua habilidade de seguir trajetórias particulares.

Críticos do *technology-push* consideram que o modelo ignora preços e outras mudanças nas condições econômicas que afetam a lucratividade das inovações (NEMET, 2009). Outra crítica se refere à ênfase na progressão unidirecional dos estágios do processo de inovação, que negligencia as necessidades dos consumidores, sendo também incompatível com os trabalhos subsequentes que enfatizam o *feedback* (retroalimentação), interações e redes. Apesar dessas limitações, o modelo *technology-push* não invalida a conclusão de que o conhecimento advindo da pesquisa básica apresenta uma contribuição efetiva para a inovação (COOMBS et al, 1987).

### **1.7- MODELO DEMAND/MARKET-PULL**

Na década de 60, alguns trabalhos fundamentaram a hipótese de que a demanda por (ou o mercado de) bens e serviços induz o processo de inovação. Os estudos de SCHMOOKLER (1966) sobre o uso de patentes nas atividades de transporte ferroviário e de petróleo durante o fim do século XIX e a primeira metade do século XX permitiram que autor deste estudo concluísse que a oportunidade em termos de retorno financeiro, a partir da variável de demanda, seria o principal incentivo à inovação (CAMPOS, 2006). Por outro lado,

Schmookler não concluiu que as forças da demanda fossem os únicos determinantes da atividade inovativa. O autor costumava utilizar o exemplo das duas lâminas de uma tesoura para representar a invenção e a demanda como duas forças que interagem (COOMBS et al, 1987).

Outros estudos seguiram a lógica de Schmookler de que o investimento em inovação é induzido por oportunidades de aumento de vendas de empresas que oferecem produtos respondendo a uma demanda latente dos consumidores. No caso específico das tecnologias energéticas, as mudanças nos preços das fontes convencionais de energia afetam a demanda por inovação tanto dos processos existentes de produção quanto na demanda por produtos e equipamentos que prestam os serviços energéticos (NEMET, 2009).

No modelo *demand-pull*, o mercado seria a fonte de ideias que direciona a pesquisa e desenvolvimento, de acordo com a sequência de etapas da Figura 1.3.

**Figura 1.3:** Exemplo do modelo *demand-pull*



Fonte: COOMBS et al (1987).

### **1.8- EFEITOS POSITIVOS DA INTERAÇÃO DOS DOIS MODELOS**

Tanto o modelo *technology-push* quanto o *demand-pull* representam posições extremas em termos de identificação das causas e fontes da mudança tecnológica. MOWERY e ROSENBERG (1979) argumentam que a demanda incentiva mais a mudança tecnológica incremental do que a mudança radical e, por isso, falha no estímulo das inovações mais importantes.

Em um contexto geral, o modelo *technology-push* tem maior impacto nas fases iniciais do ciclo de vida da tecnologia, enquanto a influência do *demand-pull* é vista como mais forte nos estágios mais avançados do ciclo (CHRISTIANSEN, 2001).

Essa visão também é consonante com UTTERBACK (1996), que indicou que as inovações radicais de produto e processo são seguidas por inovações incrementais, geralmente influenciadas a partir da demanda pelo produto.

Vários autores consideram que esses dois mecanismos interagem e são necessários para induzir a inovação. Segundo FREEMAN (1974), evidências empíricas têm mostrado que essas duas vertentes são relevantes e devem ser introduzidas concomitantemente. MOWERY E ROSENBERG (1979) consideram tanto a demanda de mercado como a oportunidade tecnológica como condições necessárias, mas não suficientes para a inovação acontecer. Ambos os modelos têm que coexistir, além da existência de uma gama de outros estímulos importantes no processo de inovação, tais como os processos de aprendizado dentro de uma organização.

### **1.9- APRENDIZADO E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**

Segundo TIGRE (2006), “a difusão de novas tecnologias está diretamente associada ao desenvolvimento de novas capacidades cognitivas para solucionar problemas na introdução, otimização e adaptação de tecnologias específicas ao seu ambiente de trabalho”.

Os processos de aprendizado se tornaram mais conhecidos na análise da teoria econômica a partir do entendimento de seu papel na mudança tecnológica e por influência das novas abordagens neo-schumpeterianas ou evolucionistas do conceito de progresso técnico, baseado no seu caráter tácito, endógeno, cumulativo e geralmente associado às mudanças técnicas incrementais (QUEIROZ, 2006). O conceito de aprendizado tecnológico está relacionado à ideia de um “processo pelo qual um determinado agente – frequentemente, a empresa – acumula habilidades e conhecimento, e cujo resultado fundamental é um aperfeiçoamento contínuo da tecnologia, com consequentes ganhos de desempenho” (QUEIROZ, 2006). Segundo COSTA (2003), o conhecimento acumulado por diversos processos de aprendizagem ao longo da trajetória da empresa é definido como capacidade tecnológica.

A aprendizagem de uma empresa constitui um processo cumulativo, pois requer a capacitação prévia para a assimilação de informações mais avançadas (TIGRE, 2006). As formas de aprendizado mais estudadas na literatura são múltiplas e não excludentes, tais como o aprender fazendo (*learning-by-doing*), o aprender pelo uso (*learning-by-using*), o

aprender por interação (*learning-by interacting*) e o aprender pela adaptação (*learning-by-adapting*) (QUEIROZ, 2006).

Para esta dissertação, as formas de aprendizado mais relevantes identificadas na literatura compreendem a noção do “aprender interagindo” e do “aprender pela adaptação”.

A noção de aprender interagindo foi proposta por LUNDVALL (1988), que analisa a mudança tecnológica como resultado de processos interorganizacionais, por meio da interação entre produtores, fornecedores e usuários. Para este autor, a participação do cliente ou usuário na definição do produto, ou seja, o codesenvolvimento de produtos, pode contribuir para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de ambas as partes.

A noção de aprendizado adaptativo identificada por KATZ (1976) se refere ao esforço das firmas usuárias de tecnologia importada, geralmente subsidiárias de multinacionais, na adaptação de tecnologias que não poderiam ser replicadas nas mesmas condições dos países de origem. Exemplos de aprendizado adaptativo compreendem a modificação de matéria prima em determinados processos e produtos para adequação às condições locais de fabricação, e a necessidade de fazer o *scaling down* de plantas industriais que apresentam escala de produção superior às que os países em desenvolvimento comportam (QUEIROZ, 2006).

Segundo QUINTÃO (2007), o aprendizado adaptativo pode ser considerado uma atividade mais relacionada ao desenvolvimento do que à pesquisa, pois, a partir de processos e produtos básicos já existentes, desenhados na matriz da filial, busca-se introduzir pequenas modificações e adaptações, de forma que os torne adequado às condições de operação da filial.

### **1.10- PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA**

Segundo o Manual de Oslo, difusão tecnológica é definido como “o modo como as inovações de produto e processo se espalham, através de canais de mercado, a partir de sua primeira implantação mundial para diversos países e regiões e para distintas indústrias/mercados e empresas” (MANUAL OSLO, 1997).



A inovação e sua difusão são processos interligados, no qual o processo de difusão de uma inovação pode se beneficiar de melhorias ou correções que facilitam sua adoção em função da demanda dos usuários ou da necessidade por soluções técnicas (POSSAS, 2002).

Para os neo-schumperianos, a difusão é associada à introdução de inovações incrementais e de outras complementaridades, que formam um sistema tecnológico.

Segundo esses autores, a difusão de uma tecnologia em larga escala depende do ambiente social, político e institucional dos países ou regiões. O processo de difusão tecnológica é determinado a partir da trajetória tecnológica; do ritmo ou velocidade de difusão das inovações; e dos fatores condicionantes técnicos, econômicos e institucionais.

### **1.11- TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA**

A trajetória tecnológica pode ser considerada como um rol de possibilidades de progresso técnico, cujos limites podem ser estabelecidos ao redor de certo núcleo ou padrão tecnológico fundamental (PESSALI e FERNANDES, 2006). Para DOSI (1982), a trajetória tecnológica é definida como um caminho de evolução da tecnologia permitido por um paradigma. A trajetória abrange mudanças marginais e contínuas, ocorridas na expansão de uma determinada tecnologia a partir de um ponto de descontinuidade. Destarte, DOSI (1982) afirma que a evolução da tecnologia é contínua e progressiva, mas num certo momento, ela pode ser objeto de mudanças radicais, gerando, assim, um novo conjunto de mecanismos de oportunidades ou alternativas.

A mais conhecida dentre esses mecanismos é a economia de escala, em que os custos de produção unitários declinam quando o volume da produção aumenta, devido à dispersão dos custos fixos. As economias de escopo ocorrem quando é mais rentável ao fabricante ofertar diferentes bens/serviços em conjunto do que separadamente. As economias de aprendizado reduzem o custo e melhoram o desempenho em função das habilidades especializadas e do conhecimento acumulado por meio da produção e da experiência de mercado, enquanto as economias de rede emergem devido às inter-relações entre os sistemas tecnológicos e os usuários.

O Quadro 1.2 descreve os tipos de retornos crescentes que contribuem para que uma tecnologia se torne mais atrativa para usuários e investidores com o aumento de sua adoção.

**Quadro 1.2:** Mecanismos que contribuem para o *lock-in* tecnológico

Mecanismos que contribuem para o <i>lock-in</i> tecnológico	
Economias de escala	Custo de produção por unidade decresce quando os custos fixos são dispersos pelo volume crescente de produção.
Economias de escopo	O crescimento do uso de uma tecnologia pode induzir ao uso de outros produtos derivados oferecidos pelo mesmo fabricante.
Economias de aprendizado	Experiência alcançada por uma ou mais formas de aprendizado.
Economias de rede	O benefício do consumidor aumenta com a utilização.
Economias pecuniárias	Projetos dominantes conseguem condições de financiamento mais vantajosas, o que reduz seus custos iniciais.

Fonte: Baseado em UNRUH (2000)

Segundo Dijk e Yarime (2010), outros dois tipos de *lock-in* tecnológico atuaram para perpetuar um padrão tecnológico do motor de combustão interna (MCI): o gerado pelo consumidor; e o gerado pela regulação vigente. A grande maioria dos consumidores está satisfeita com o padrão dominante do MCI. Em geral, tais consumidores podem ser divididos em dois grupos: aqueles que procuram um automóvel com desempenho suficiente a um preço acessível e aqueles que preferem pagar por veículos mais caros com motores mais potentes (DIJK e YARIME, 2010), apesar de haver outros grupos com outros tipos de atributos.

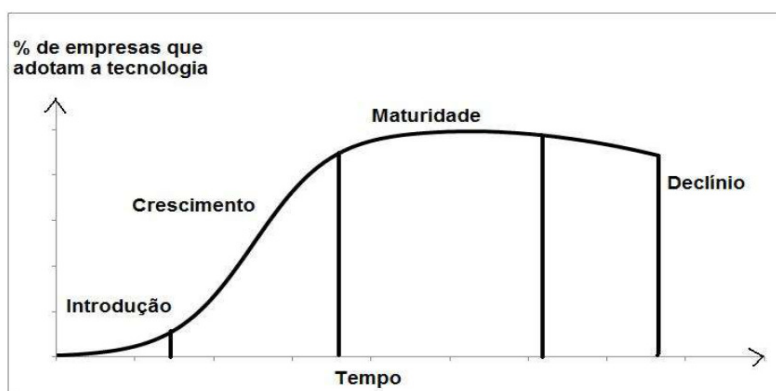
O outro tipo de *lock-in* está relacionado à regulação. Segundo Dijk e Yarime (2010), os padrões de emissões EURO I a IV levaram à introdução de várias inovações incrementais que atenuaram significativamente as emissões de poluentes atmosféricos, mas não conseguiram promover a superação do *lock-in* do MCI. Por outro lado, o programa ZEV (*Zero Emission Vehicle*), introduzido pelo governo da Califórnia em 1990, estimulou a venda de carros com emissão zero, bem como o investimento em pesquisa e desenvolvimento de outras formas de propulsão diferentes do padrão do MCI. Conforme Åhman (2006), a partir

dessa regulação, as montadoras japonesas Toyota, Nissan e Honda realizaram consideráveis avanços no desenvolvimento de veículos elétricos.

### 1.12- RITMO DE DIFUSÃO DA TECNOLOGIA

O ritmo de difusão de uma tecnologia se refere ao tempo necessário para que uma tecnologia alcance uma parcela significativa de usuários. Segundo Tigre (2006), a difusão de uma tecnologia não ocorre de modo uniforme e constante no tempo e no espaço, pois as organizações, países e regiões buscam e selecionam tecnologias sob influência de diferentes fatores condicionantes. Griliches (1957) foi o primeiro autor a introduzir um modelo que descrevia a difusão tecnológica na teoria econômica, por meio de seu estudo de difusão da adoção de novas variedades de milho híbrido na agricultura norte-americana. O modelo epidemiológico de Griliches foi aprimorado por Mansfield (1961), que apresentou a evolução temporal de uma dada tecnologia representada por uma função logística na forma de um S positivo. Essa, inicialmente, cresce em ritmo lento, para depois sofrer um processo de aceleração, principalmente por causa da redução do risco associado à adoção da inovação (FURTADO, 2006). A forma como uma tecnologia se difunde no mercado é geralmente associada ao conceito de ciclo de vida. Em geral, a difusão de uma nova tecnologia ou inovação ocorre como no processo do ciclo de vida biológico dos seres vivos, apresentando quatro fases: introdução, crescimento, maturação e declínio, como mostra a Figura 1.4.

**Figura 1.4:** Modelo de difusão de uma tecnologia



Fonte: Tigre (2006)

Na fase introdutória da curva de difusão, poucas empresas adotam a tecnologia, devido às incertezas tecnológicas e outros fatores, tais como alto custo e falta de serviços de

infraestrutura. A nova tecnologia de produto é geralmente rudimentar e custosa, mas capaz de trazer satisfação para alguns nichos de mercado. Durante esse período, as inovações de processos estão em segundo plano, pois o produto ainda não se encontra padronizado, ou seja, ainda não existe a consolidação de um projeto dominante (UTTERBACK, 1996).

Por exemplo, os primeiros anos da indústria automobilística caracterizaram-se por uma grande variedade de motores, principalmente motores de carros elétricos e a vapor, advindos das oficinas de dezenas de fabricantes que tentavam captar a preferência do público com projetos novos e originais. Em 1899, foram vendidos nos Estados Unidos 1.681 carros a vapor, 1.575 veículos elétricos e 936 veículos a gasolina (COWAN, 1996). A competição entre essas três tecnologias perdurou durante os primeiros 15 anos do século XX; entretanto a invenção do motor de arranque, em 1.912, facilitou bastante a difusão dos motores a combustão interna, que antes precisavam de pesadas manivelas para serem postos em funcionamento (COWAN, 1996).

Na fase de crescimento, a adoção da tecnologia se torna menos arriscada e incerta, a partir da melhoria gradual do seu desempenho e do ganho de experiência da empresa na sua fabricação e comercialização. Com a comprovação do sucesso das empresas pioneiras, há um aumento da pressão competitiva entre os concorrentes, e o processo de difusão se acelera. Nessa fase, ocorrem sucessivas inovações incrementais que visam a melhorar o desempenho da tecnologia. Na fase de maturidade, a manufatura busca escala na elaboração de um produto com alto grau de eficiência e utilidade para o consumidor. As vendas começam a se estabilizar e os processos produtivos tornam-se mais padronizados. A última fase é caracterizada pelo declínio do uso da tecnologia, em que os usuários começam a optar por outras soluções tecnológicas que surgem no mercado.

### **1.13- FATORES CONDICIONANTES**

Segundo Tigre (2006), fatores condicionantes técnicos, econômicos e institucionais podem atuar de forma positiva ou negativa no processo de difusão tecnológica, na medida em que ajudam na adoção ou na restrição do uso de uma determinada tecnologia. Os fatores condicionantes técnicos se referem ao grau de complexidade da tecnologia e seu entendimento pelos usuários. Tecnologias muito inovadoras e de uso pouco “amigável” tendem a estabelecer obstáculos ao seu entendimento, devido à necessidade de suporte técnico, falta ou acesso restrito de informações e incertezas quanto à trajetória de difusão.

Os condicionantes econômicos estão relacionados aos custos de aquisição, implantação e retorno do investimento empregado no desenvolvimento da nova tecnologia.

Os condicionantes institucionais são vinculados aos aspectos políticos e sociais que podem influir a difusão de uma inovação. A intervenção do governo, por exemplo, pode remover a incerteza de mercado sobre a direção do desenvolvimento de uma tecnologia e, então, favorecer um novo padrão tecnológico. Medidas regulatórias ou incentivos fiscais podem causar impactos de longo prazo, devido à sua capacidade de controlar ou influenciar as forças de mercado. Tais políticas podem modificar a estratégia de competição de um setor industrial (UNRUH, 2000). Ao mesmo tempo, o governo também sofre pressões de associações que pleiteiam o tratamento preferencial a uma determinada tecnologia já existente, como o forte lobby de diversas associações para manter o padrão dominante do motor de combustão interna. Nos Estados Unidos, uma grande rede de instituições, também conhecida como “*highway lobby*”, contribuiu na difusão desse sistema tecnológico pela indução de maciços investimentos em projetos de construção de rodovias.

Nos últimos anos, verificou-se o crescimento de análises de cunho institucionalista, que introduzem a visão sistêmica entre a firma e o ambiente externo como condicionante de seu desenvolvimento tecnológico e competitivo. Tal contexto institucional é conhecido na literatura como Sistema Nacional de Inovação (LUNDVALL, 1988). O principal foco dessa análise consiste na interação entre os atores econômicos, sociais e políticos, o que fortalece as capacitações nas empresas e favorece a difusão de inovações em um determinado país (TIGRE, 2006). Para Queiroz (2006), o ambiente externo à firma é fundamental para o processo de acumulação de capacidades tecnológicas de uma empresa, e não depende apenas de suas ações individuais. Dessa forma, os componentes essenciais de um contexto institucional favorável ao aprendizado consistem na qualidade do sistema universitário, boa infraestrutura científica e tecnológica do país, mecanismos de financiamentos e uma regulação governamental adequada.

#### **1.14- INTERPRETAÇÕES DOS MODELOS *PUSH/PULL* NAS DECISÕES POLÍTICAS**

Os governos dispõem de um variado conjunto de instrumentos com o potencial de estimular a inovação tecnológica. Nesse sentido, a combinação dos modelos de *demand-pull* e *technology-push* pode promover tecnologias já desenvolvidas e prontas para a

comercialização, por meio de medidas que reduzam os riscos de investimentos na inovação tecnológica e/ou criam incentivos para determinado padrão tecnológico.

A intervenção governamental é justificada na literatura econômica quando ocorre uma falha de mercado, ou seja, na ausência de eficiência econômica<sup>18</sup>. Há duas situações nos quais ocorre uma falha de mercado, conforme a definição de Pindyck e Rubinfeld (2002):

- a) Presença de externalidade: quando consumidores ou produtores exercem uma atividade que resulta em custos ou benefícios que não se encontram refletidos no preço de mercado.
- b) Ausência de informações: ocorre quando os consumidores não podem tomar decisões de compra capazes de maximizar sua utilidade, devido à falta de informações sobre a qualidade ou natureza de um determinado produto.

Dessa forma, a intervenção do governo pode ser benéfica toda a vez que o mercado não consiga otimizar os interesses individuais ou empresariais com os interesses sociais. Uma externalidade negativa pode surgir, por exemplo, quando uma determinada inovação representa benefícios para um grupo de pessoas e custos para outro. No caso da indústria automotiva, as tecnologias utilizadas para o aumento da aceleração de um automóvel atendem o desejo de consumo de uma parcela da sociedade, mas gera custos para toda a população. Nesse sentido, o papel do governo é estimular a capacidade e o desejo da empresa de inovar visando ao bem estar social.

Considerando as ligações entre economia, meio ambiente e tecnologia, a escola de economia evolucionista acredita que as especificidades da difusão tecnológica apontam para o imprescindível papel das políticas governamentais para impulsionar a emergência de trajetórias sócio ambientalmente corretas.

As próximas seções apresentam os principais tipos de políticas capazes de promover a inovação e difusão tecnológica a partir dos modelos *push-pull* analisados anteriormente. Serão apresentadas somente as definições dos tipos de políticas que visem a contribuir para indicação de políticas públicas.

No Brasil, as empresas de capital nacional e estrangeiro dispõem de várias medidas de estímulo à inovação por meio da Lei nº 11.196, conhecida com a Lei do Bem, a Lei nº 10.973, a Lei 10.664 e a Lei 11.077. Dentre os incentivos fiscais, subvenções econômicas e financiamentos às atividades de P&D permitidos por essas leis, destacam-se os seguintes:

- Dedução dos dispêndios com P&D e inovação tecnológica na apuração do Imposto de Renda; redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e a depreciação acelerada dos equipamentos comprados para P&D; amortização acelerada dos gastos para aquisição de bens intangíveis para P&D e inovação; crédito do imposto de renda retido na fonte incidente sobre remessas ao exterior, a título de royalties, de assistência técnica ou científica, e de serviços especializados para P&D; redução a zero da alíquota do imposto de renda retido na fonte nas remessas efetuadas para o exterior destinadas ao registro e manutenção de marcas e patentes.
- Financiamento exclusivo para a compra de máquinas e equipamentos utilizados para atividades inovativas concedidos por órgãos oficiais como o BNDES.
- Financiamento de projetos de P&D e inovação tecnológica sem parceria ou em parceria com universidades ou institutos de pesquisas, por meio de linhas de crédito com bancos oficiais ou instituições financeiras credenciadas junto ao BNDES.
- Subvenção econômica à P&D e à inserção de pesquisadores em empresas para custeio de atividades de P&D (Lei nº 10.973).

## **2- APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO NAS ORGANIZAÇÕES**

Temas como capital intelectual, conhecimento e gestão do conhecimento têm se mostrado cada vez mais notórias. Entretanto, para que haja conhecimento, é preciso primeiro passar pelo processo de aprendizagem, pois é por meio dele que adquirimos conhecimento, fato que explica a crescente importância conferida à aprendizagem no âmbito dos estudos organizacionais.

Debate-se, também, se a aprendizagem é um fenômeno individual ou organizacional, ou seja, se as organizações também aprendem. O conceito de aprendizagem organizacional tem obtido destaque entre as organizações que buscam desenvolver estruturas e sistemas mais adaptáveis e eficientes para atender à crescente demanda por mudanças. Tais desenvolvimentos têm sido descritos e influenciados por vários especialistas em gestão, que definem aprendizagem organizacional como um processo de identificação e correção de erros (ARGYRIS, 1992), um processo de aperfeiçoar as ações pelo melhor conhecimento e compreensão (FIOL; LYLES, 1985) ou, ainda, um processo contínuo de expansão da capacidade da própria organização de criar seu futuro (SENGE, 1993).

Naturalmente, cabe às organizações, até por questões de sobrevivência, estimular esse processo, com o objetivo de gerar conhecimento que, se bem administrado, atenderá as suas necessidades estratégicas e contribuirá para a busca de resultados. Entretanto, considerando que o processo de aprendizagem se dá primariamente no indivíduo, evoluindo depois para o grupo a que ele pertence e, finalmente, para toda organização, trata-se aqui da questão da aprendizagem como fenômeno individual.

A opção dessa abordagem também levou em conta o fato de que a aprendizagem para o motorista de caminhão é uma profissão de natureza individual, em que é comum o motorista passar dias ou até semanas sozinho na boleia do caminhão, sem qualquer influência do ambiente organizacional. Inicialmente, será feita uma revisão das duas principais correntes do pensamento em que os modelos de aprendizagem se sustentam, chamados de modelo behaviorista e modelo cognitivo (FLEURY; OLIVEIRA JR., 2002). Depois dessa apresentação, serão exibidos os conceitos da teoria da aprendizagem social, elaborados por Albert Bandura (1986).

## **2.1- TEORIAS DE APRENDIZAGEM: BEHAVIORISMO E COGNITIVISMO**

Antes mesmo do interesse das organizações pelo tema, o estudo científico da aprendizagem vem sendo desenvolvido principalmente por psicólogos, graças aos estudos pioneiros de Ebbinghaus (1885), dos teóricos Bryan e Harter (1897, 1899) e Thorndike (1898), em que estudos da aprendizagem, tanto nos campos puros quanto nos aplicados, dão-se comumente em laboratórios de psicologia geral e em laboratórios de psicologia educacional (HILGARD, 1973).



Vários manuais de psicologia da aprendizagem e de psicologia educacional produzidos por diversos autores definem aprendizagem de forma bem semelhante. Essas definições podem ser resumidas na conceituação dos estudiosos Witter e Lomônaco (1984:2), que entendem a aprendizagem como uma mudança de comportamento resultante de prática ou experiência anterior.

Esses teóricos são também chamados de teóricos do comportamento, e essa linha é chamada de behaviorismo. Centrada em comportamentos objetivamente observáveis, essa aprendizagem é concebida como a aquisição de um novo comportamento.

Os pressupostos básicos do behaviorismo são: a quase totalidade do comportamento humano é aprendida; comportamentos indesejáveis constituem problemas em si mesmos, logo, eliminá-los é resolver problemas; como os comportamentos constituem problemas, é desnecessário buscar causas históricas; o importante é detectar qual variável é responsável pela manutenção dos comportamentos indesejáveis; comportamentos desejáveis podem ser aprendidos e substituir os indesejáveis por meio da manipulação das variáveis relevantes (WITTER; LOMÔNACO, 1984).

As regras básicas da construção do conhecimento científico – empirismo, determinismo, parcimônia e manipulação científica – também são alicerces dos princípios de aprendizagem dos teóricos do comportamento. Com o empirismo, requer-se que o cientista tenha por base fatos realmente observáveis, para que qualquer outra pessoa possa observar e detectar as mesmas coisas diante do mesmo fenômeno. O determinismo estabelece que qualquer evento é resultado de um determinado grupo de condições ou variáveis. A regra da parcimônia recomenda dar preferência à explicação mais simples diante de duas explicações igualmente sustentáveis e plausíveis para um mesmo fato. Por fim, a regra da manipulação científica implica que as conclusões são decorrentes de experimentos em que a aplicação de certos procedimentos demonstre suas validades (WITTER, LOMÔNACO, 1984).

Ao ser adotada a conceituação da aprendizagem exclusivamente como mudança de comportamento, na verdade está se equiparando aprendizagem à própria mudança de comportamento, pois a definição nos diz o que aconteceu quando uma pessoa aprendeu algo, e não realmente o que é aprendizagem.

No entanto, muitos teóricos da aprendizagem discordam dessa equiparação e defendem a necessidade de distinguir o processo em si. Em outras palavras, entendem a aprendizagem como um processo que ocorre dentro do organismo de quem aprende, enquanto a mudança de comportamento refere-se ao desempenho de quem aprende.

Interpretações dessa natureza, que defendem a aprendizagem como um evento interno e não observável, inferido por meio do desempenho dos indivíduos, são comumente agrupadas como teorias cognitivas. Essa abordagem define aprendizagem como:

[...] uma mudança relativamente estável num estado interno do organismo, resultante da prática ou experiência anterior, que constitui condição necessária, mas não suficiente, para que o desempenho ocorra. (WITTER, LOMÔNACO, 1984:6).

Witter e Lomônaco ressaltam ainda que essa definição, além de separar claramente os fenômenos aprendizagem e desempenho, também chamam atenção para o fato de que um organismo pode ter aprendido algo sem que isso redunde necessariamente em desempenho, pois o organismo simplesmente pode não estar motivado o suficiente para demonstrar sua aprendizagem, fazendo com que o foco central do processo de aprendizagem seja descolado do ambiente para o organismo.

Embora a palavra *cognição* se origine do latim *para conhecer*, é um equívoco pensar que a teoria cognitiva explica a aprendizagem em termos do conhecimento do indivíduo. Em vez de conhecimento, termos como crenças e percepções são comumente usados para definir como as pessoas atuam, ainda que tais crenças e percepções estejam totalmente equivocadas ou não resistam a uma análise lógica.

A teoria cognitiva de aprendizagem concebe a função cerebral em termos de combinar ou integrar a informação que chega, organizando os componentes menores em todos funcionais maiores, para então operar em termos dessas totalidades. Esse processo pode ser exemplificado numa melodia que não consiste unicamente da soma de diversas notas musicais, ou então em uma pintura que não é a mera soma de manchas de tinta. A organização dessa soma de estímulos individuais pelo cérebro resulta em um todo funcional que constitui a melodia ou a pintura. Daí a conhecida afirmação desenvolvida pela psicologia

de Gestalt, na qual o todo é maior que a soma das partes (LEEPER, 1970, apud: WITTER; LOMÔNACO, 1984).

Ainda no âmbito dos estudos organizacionais, são conhecidos também os estudos de Nonaka e Takeuchi (1995) sobre o conhecimento, em que os autores apresentam dois tipos de conceituação para o conhecimento: o explícito ou codificado, que se refere ao conhecimento transmissível em linguagem formal; e o tácito, que possui uma qualidade pessoal, tornando-se, por isso, mais difícil de ser formalizado, comunicado e identificado, pois muitas vezes as próprias pessoas que os detêm não sabem que o possuem.

O conceito de conhecimento tácito é explorado a partir do pressuposto de que ele é formado em duas parcelas. Uma parcela se refere às habilidades técnicas, difíceis de serem formalizadas e capturadas, e outras, denominada pelos dois estudiosos de dimensão cognitiva, refere-se à crenças e perspectivas do mundo que as pessoas sequer percebem que possuem.

Defendem ainda os autores que a principal forma de resolução para essa questão é o desenvolvimento de modelos de aprendizagem que levem em consideração esta abordagem. Os modelos de aprendizagem deveriam ter a função de auxiliar a criação de conhecimentos na organização por meio da interação e, conseqüentemente, da conversão entre os tipos de conhecimento. Embora eles não tenham desenvolvido o que exatamente seriam esses modelos de aprendizagem, a conceituação proposta para conhecimentos tácito e explícito corrobora com o foco deste trabalho em abordar a questão da aprendizagem como um fenômeno individual.

### **2.1.1- Teoria cognitiva social: uma outra abordagem**

Mais alinhada à complexidade vivida pelo mundo moderno existe uma outra teoria que parece mais adequada para a compreensão do fenômeno da aprendizagem, pois, ao invés de defender a univocidade de um ou outro método, propõe justamente sua interação. Designada por seu autor como teoria cognitiva social, não considera o indivíduo governado por forças internas nem determinado e controlado por estímulos externos, como defendem os teóricos cognitivos e do comportamento, respectivamente. Na concepção cognitiva social, a atuação humana é explicada pelo modelo de reciprocidade no qual a conduta, os fatores pessoais

cognitivos e os acontecimentos ambientais interagem entre si de forma determinante (BANDURA, 1986).

Ainda segundo este autor, a natureza dos indivíduos é compreendida a partir dessa perspectiva de reciprocidade e de algumas capacidades básicas, conforme a seguir:

*Capacidade simbolizadora:* é a capacidade de usar os símbolos que os indivíduos conferem significado, forma e continuidade às experiências vividas. Esta capacidade afeta praticamente todos os aspectos da vida, na medida em que proporciona um meio poderoso de mudança e adaptação às situações do dia a dia. De uma forma geral, os indivíduos não resolvem seus problemas executando várias ações e sofrendo as consequências dos seus erros, mas sim criando imagens e encenando ações possíveis de forma simbólica antes de as porem em prática. É também por meio dos símbolos que as pessoas podem se comunicar com os demais, independentemente da distância, do lugar ou do momento.

*Capacidade de previsão:* a maior parte da conduta das pessoas é regida por previsões. As pessoas planejam as consequências mais prováveis das suas ações futuras, propõem metas a si mesmas e traçam seus planos de ação. É por meio da previsão que os indivíduos se motivam, podendo, inclusive, reduzir o efeito de situações presentes pouco favoráveis.

*Capacidade vicária:* praticamente todos os fenômenos de aprendizagem que resulta da experiência direta podem ocorrer de forma vicária, ou seja, pela observação da conduta de outras pessoas e das consequências que tal conduta produz. A capacidade de aprender por meio da observação permite ao indivíduo conhecer as regras necessárias de um determinado padrão de conduta sem ter que formar esse padrão mediante ensaio e erro. Um exemplo atual é a influência vicária da mídia, em que temos a televisão modelando padrões de pensamento, conduta e valores.

*Capacidade autorreguladora:* os indivíduos não agem unicamente para se adaptarem às preferências dos outros, mas, em grande parte, sua conduta é motivada e regulada por critérios internos e reações pessoais de avaliação dos próprios atos. Toda vez que há divergências entre a atuação e o critério que o indivíduo mede sua conduta, a capacidade autorreguladora entra em ação, influenciando as condutas posteriores.

*Capacidade de autorreflexão:* se existe alguma característica que distingue o ser humano dos demais animais é sua capacidade de autoconhecimento. Esta capacidade permite ao homem analisar suas experiências e refletir sobre seus modelos mentais. Ao refletir sobre as várias experiências e sobre seus conhecimentos, o homem pode chegar a um conhecimento amplo sobre si mesmo e sobre o mundo que o rodeia, alcançando o poder de modificar e evoluir seus pensamentos.

Na análise cognitiva da aprendizagem por observação, as influências do modelo a ser seguido atuam principalmente por sua função informativa. Um dos meios mais eficazes de proporcionar informação sobre as regras que produzirão nova conduta é fornecer um modelo de pensamento e ação, fenômeno denominado de *modelação* (BANDURA, 1969; 1986).

BANDURA demonstrou que a aprendizagem se dá mediante à observação de uma pessoa – ou modelo – executando determinada ação. Os indivíduos, então, adquirem novas condutas, mesmo nas situações em que não há oportunidade para aplicar o conhecimento adquirido. A mudança de comportamento não se dá exclusivamente pelo que o indivíduo aprende por meio do condicionamento clássico, mas também pelo que o indivíduo aprende indiretamente, de forma vicária, mediante a observação e representação simbólica de outras pessoas e situações.

A aprendizagem por observação (BANDURA, 1969; 1986) pretende obter uma nova conduta por meio de quatro processos denominados *atenção, retenção, reprodução e motivação*, que serão adiante expostos.

*Processos de atenção:* são eles que regulam a exploração e a percepção das atividades que serão modeladas. Para que se produza a aprendizagem por observação, é necessário perceber e entender de forma precisa os aspectos relevantes às atividades. Os processos de atenção determinam o que está sendo observado de forma seletiva pelo indivíduo, dentre as várias possibilidades existentes de observação. São diversos fatores que influenciam na exploração e percepção das atividades que serão modeladas. Alguns estão relacionados com habilidades cognitivas e com outros atributos do observador. Outros estão relacionados às propriedades das atividades modeladas. Modelos interessantes ou gratificantes exercem elevado grau de atração, enquanto os que carecem de atrativo tendem a serem ignorados pelo observador.

*Processos de retenção:* mediante eles, as experiências são convertidas pela memória em conceitos simbólicos, que servem de modelos internos para a emissão de respostas e de critérios para a correção destas. É necessário que a informação modelada seja representada na memória de forma simbólica. Pelos símbolos, as experiências são retidas na memória, e a avançada capacidade de simbolização que o homem dispõe o permite aprender grande parte de sua conduta por meio da observação.

É importante ressaltar que a prática representa importante recurso da memória. O indivíduo que pratica cognitivamente ou executa realmente padrões de conduta modelados tem menor probabilidade de esquecer-los caso não volte a praticar ou pensar no que foi visto. *Prática cognitiva* ou *ensaio cognitivo* é aquele em que os indivíduos imaginam a si mesmos executando corretamente uma sequência de atos quando a execução das ações é impraticável por algum motivo. Tal prática tem se demonstrado capaz de aumentar a destreza nas atividades, melhorando a execução motora, embora, de uma forma geral, não seja tão eficaz quanto a prática física repetida.

*Processos de reprodução:* o terceiro componente da modelação compreende a conversão das concepções simbólicas em ações adequadas. Segundo a teoria cognitiva social, antes de ser executada, a conduta é organizada por mecanismos integradores. Ao observar a execução modelada, o indivíduo forma uma ideia da combinação necessária de ações e sua sequência temporal, de maneira a gerar novas formas de conduta. A conduta será formada pela combinação de respostas selecionadas e organizadas por um processo cognitivo. A partir dos exemplos selecionados, o indivíduo estará apto a produzir as ações desejadas, mesmo que, de início, seja de forma aproximada. Entretanto, quando a atividade modelada é observada de forma breve ou esporádica, geralmente só se adquire um esboço fragmentado dela. Na verdade, a reprodução da conduta é imperfeita porque a concepção interna que serve de guia foi inadequada.

Um outro problema habitual da aprendizagem é que os indivíduos não podem observar visualmente. De uma maneira geral, as atividades que dependem de habilidade motora precisam, em grande medida, de retroalimentação. O mesmo ocorre na conduta social: os indivíduos acabam se surpreendendo com o que dizem e fazem nas interações interpessoais, ao observarem suas atuações em gravações.

*Processos de motivação:* a teoria cognitiva social faz uma distinção entre aquisição e execução, apoiada no fato de que as pessoas não realizam tudo o que aprendem. Elas podem chegar a adquirir e a reter as capacidades necessárias para executar adequadamente as atividades modeladas, mas podem, também, nunca desenvolvê-las, ou desenvolvê-las somente em determinadas ocasiões. As maiores discrepâncias entre aprendizagem e execução são observadas com maior frequência quando a conduta adquirida tem escasso valor funcional ou implica em elevado risco de castigo. Por outro lado, quando se oferecem incentivos positivos, aquela aprendizagem por observação, que havia permanecido sem se manifestar, transforma-se rapidamente em ação.

### **2.1.2- Qualificação da mão de obra**

A mão de obra qualificada se apresenta como elemento essencial na competitividade nacional por atividades de maior intensidade tecnológica.

Dentre as políticas de promoção ao desenvolvimento industrial e tecnológico nos países da OCDE, destaca-se o investimento em capacitação e treinamento de recursos humanos. Há um reconhecimento de que quão mais forte for a base de recursos humanos, maior a possibilidade de acelerar o processo de inovação (CASSIOLATO, 1999).

## **3- DESEMPENHO ENERGÉTICO**

O transporte teve seu desenvolvimento impulsionado a partir da motorização dos equipamentos. Os motores de combustão interna foram os propulsores dessa revolução, permitindo que as pessoas pudessem ter acesso a veículos de transporte individual e de massa, que passaram a ser produzidos em escala industrial. Porém, o uso de energia de base fóssil apresenta externalidades negativas.

O desempenho energético de um veículo é dado pela distância percorrida com um litro de combustível (km/l). Ao longo do tempo, a indústria automobilística tem envidado esforços para aprimorar o desempenho energético dos veículos. Nesse sentido, além do desenvolvimento contínuo dos motores de combustão interna, tanto dos de ignição por centelhamento (ICE) quanto dos de ignição por compressão (ICO), destacam-se (RIBEIRO, 2002):

- redução da resistência aerodinâmica;
- uso de pneus com baixa resistência ao rolamento;
- uso de injeção eletrônica de combustível;
- ignição eletrônica em substituição aos antigos platinados eletromecânicos;
- diminuição do peso dos veículos e dos implementos rodoviários; e
- desenvolvimento de combustíveis e óleos lubrificantes de melhor qualidade.

É importante ressaltar que não são apenas fatores técnicos que interferem no desempenho energético dos veículos. Outros aspectos, como o modo de condução, o tipo e estado de conservação das vias e dos veículos, a velocidade operacional baixa, etc. exercem um papel fundamental no resultado do desempenho energético da frota de veículos (MACHADO et al, 2006).

### **3.1- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS TRANSPORTES**

Os processos para transformação da energia em calor, frio, luz ou, no caso específico deste trabalho, movimento, desperdiçam parte desse recurso. Além disso, a fração desta que se coloca à disposição do usuário final nem sempre é aproveitada corretamente. Sabe-se que boa parte da energia entregue às unidades produtivas é desperdiçada ou usada com baixa eficiência, sendo igualmente reconhecida a necessidade de se melhorar o rendimento dos processos energéticos no contexto do transporte.

O transporte teve seu desenvolvimento impulsionado a partir da motorização dos equipamentos. Os motores de combustão interna foram os propulsores dessa revolução, permitindo que as pessoas pudessem ter acesso a veículos de transporte individual e de massa, que passaram a ser produzidos em escala industrial. Porém, o uso de energia de base fóssil apresenta externalidades negativas.

Devido à escassez de recursos energéticos, a sociedade, as empresas e os governos têm aumentado as exigências quanto à utilização mais racional desses recursos. Iniciativas como os veículos elétricos, a hibridização dos motores, propulsores movidos por combustíveis renováveis, como o etanol e o biodiesel e, mais recentemente, os veículos movidos a hidrogênio, com previsão de produção já em 2015, são tentativas de se diminuir a dependência do petróleo.



A Agência Internacional de Energia (IEA, 2013) define que “a eficiência energética é uma forma de gerir e restringir o crescimento do consumo de energia. Algo é mais eficiente energeticamente se ele oferece mais serviços para a mesma entrada de energia ou os mesmos serviços para menos entradas de energia.” Também nesse sentido, a Empresa de Planejamento Energético (EPE, 2010) define eficiência energética como “a relação entre a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado.” Por exemplo, quando um caminhão utiliza menos combustível para transportar a mesma quantidade de carga ou, ainda, quando esse mesmo caminhão consegue se deslocar por uma distância maior utilizando a mesma quantidade de combustível, ele é considerado mais eficiente em termos de energia. Considerando isso, pode-se dizer que a eficiência energética é a otimização do consumo de energia.

A eficiência energética é uma prioridade da política de crescimento para muitos países ao redor do mundo. É amplamente reconhecida como uma das soluções disponíveis para enfrentar inúmeras questões relacionadas à energia, incluindo segurança energética, social e econômica. Ao mesmo tempo, a eficiência energética aumenta a competitividade e promove o bem-estar do consumidor (IEA, 2014).

Eficiência energética pode ser entendida, segundo D’Agosto (2012), como o nível de energia consumida para realizar determinado serviço. Portanto, para ser mais eficiente, pode-se usar menos energia para o mesmo serviço e/ou realizar mais serviço mantendo o mesmo padrão de utilização de energia. Explica ainda D’Agosto que, para se alcançar maior eficiência energética no setor de transportes, poder-se-iam focar em duas ações: aumentar a quantidade transportada (de cargas ou passageiros) e/ou aumentar distâncias transportadas, mantendo-se, em ambos os casos, a mesma quantidade de energia consumida. Ou, ainda, reduzir a quantidade de energia utilizada para realizar o mesmo trabalho de transporte.

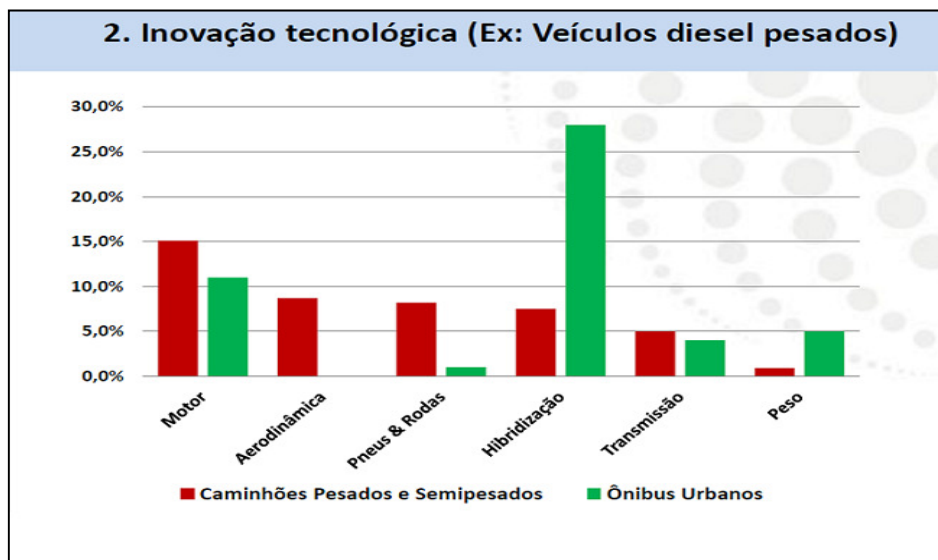
A análise das alternativas para o aumento da eficiência energética para os transportes, com base nas afirmações dos autores supracitados, coloca-nos diante das seguintes possibilidades:

Alternativa 1: aumentar a quantidade transportada. Esta opção, embora útil no caso de veículos com capacidade de carga ociosa durante a operação, possui uma restrição: a

capacidade do pavimento de suportar o aumento de cargas sem apresentar desgaste prematuro. Segundo pesquisa da CNT (2012), apenas 12% das rodovias federais encontram-se em ótimas condições de uso. Portanto, o aumento de cargas por veículo, além de colocar em risco o estado das rodovias em boas condições, apresenta o risco de aumentar os custos de manutenção corretiva no caso das demais rodovias sem bom estado de conservação e circulação.

Alternativa 2: reduzir a quantidade de energia utilizada para realizar o mesmo trabalho de transporte. Esta foi a opção de investigação deste trabalho, e é precedida pela pesquisa realizado pelo instituto de pesquisa norte-americano *National Academies Press, (2010)* – intitulado: *Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium – and Heavy Duty Vehicles*. Este trabalho aponta as principais possibilidades de aumento da eficiência energética, todas elas calcadas na inovação tecnológica.

**Gráfico 3.1: Impactos da Inovação tecnológica**



Fonte: National Academies Press, 2010

Nos transportes, as fontes primárias de energia são essencialmente a base de petróleo, que, por sua vez, é uma matéria-prima com recursos limitados, de difícil extração e de produção dispendiosa. Apesar das iniciativas de substituição das fontes de energia como uso da energia elétrica ou a hibridização, que é a utilização de duas ou mais fontes de energia para alimentação dos motores, essas ações ainda são muito pequenas frente à demanda energética mundial.

Para medirmos a eficiência energética do transporte de cargas no Brasil, é necessário analisar, de maneira desagregada, o desempenho energético dos equipamentos utilizados na operação de transporte.

Abaixo se verifica o desempenho energético na melhor condição, de 2,7 km/l, para os veículos do TRC (CRUVINEL, PINTO E GRANEMANN, 2012):

**Tabela 3.1:** Consumo por idade dos veículos

Faixa de idade	L/100 Km	Km/L	Frota (unid.)	Frota (unid.) x Km/L
1 ano (2008)	32	3,20	2332	7462,4
2 a 5 anos (2003-2007)	32	3,20	152963,3525	489482,7279
6 a 10 anos (1998-2002)	33	3,20	167254,3589	535213,9483
11 a 15 anos (1993-1997)	34,5	2,94	144770,2835	425624,6336
16 a 20 anos (1988-1992)	36	2,85	115221,2074	328380,441
21 a 25 anos (1983-1987)	39	2,70	131665,225	355496,1076

Fonte: Cruvinel, Pinto e Granemann (2012).

Estudos que analisam o desempenho energético dos veículos pesados utilizados no Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil apontam, na pior condição, o desempenho de 2,1 km/l (BORBA, 2008);

**Tabela 3.2:** Consumo por categoria de veículo

Categoria de veículo	l/100 km	km/l
Leves	20	2
Pesados	40	4

Fonte: autor a partir de Borba (2008)

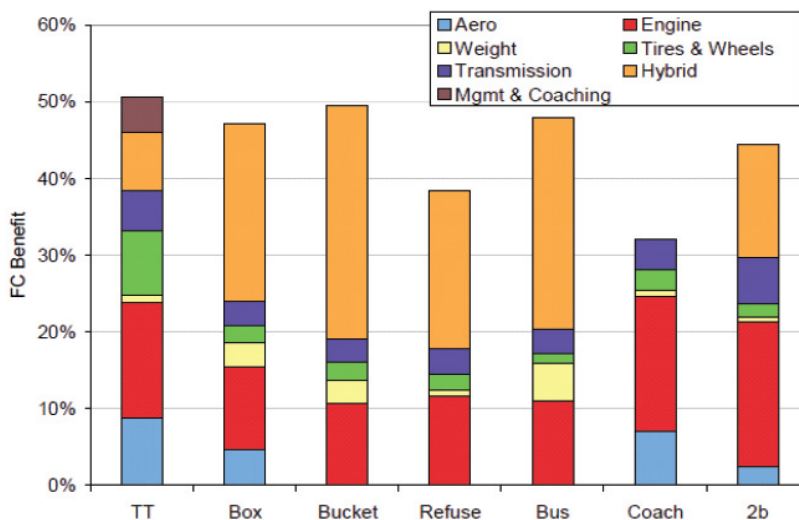
A eficiência energética pode ser obtida por meio da redução de consumo de combustível. Além disso, impacta em diferentes níveis da economia (individual, do setor de transportes e da economia nacional). Dentre os impactos prováveis, destacam-se o aumento da competitividade e produtividade do setor, melhorias no serviço e na utilização da capacidade em decorrência do aumento da eficiência energética, além de redução de uso dos recursos, redução da emissão de poluentes e gases do efeito estufa. Contudo, a ausência da

configuração de cenários e políticas de ação que busquem aumentar a eficiência energética do transporte rodoviário de cargas favorecerá a manutenção ou até a degradação desta ao longo dos anos em virtude, principalmente o envelhecimento da frota.

### 3.2- OTIMIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

Estudo divulgado pelo *Rock Mountain Institute* (RMI) aponta que, até 2030, a eficiência energética do setor rodoviário crescerá em até 50%. Dentre as possibilidades de aumento de eficiência, destacam-se o aprimoramento da eficiência aerodinâmica, por meio da diminuição do atrito e do arrasto aerodinâmico, do peso da estrutura do veículo e dos implementos rodoviários, a melhoria na eficiência dos equipamentos de transmissão, em especial as caixas de mudanças de marcha, tanto manuais quanto automáticas ou automatizadas, o gerenciamento e o treinamento dos gestores de frota para a melhoria da performance operacional, os motores, sua hibridização e durabilidade em condições eficientes e, ainda, melhorias nas características de composição dos pneus e sua manutenção em operação.

**Gráfico 3.2:** Possibilidades de melhoria energética



Fonte: National Academies Press, 2010

#### 4- TÉCNICAS E MÉTODOS DE CONDUÇÃO EFICIENTE

Temas como capital intelectual, conhecimento e gestão do conhecimento têm se mostrado cada vez mais notórios. Entretanto, para que haja conhecimento, é preciso primeiro passar pelo processo de aprendizagem, pois é por meio dele que adquirimos o conhecimento, fato explica a crescente importância conferida à aprendizagem no âmbito dos estudos organizacionais.

O fator humano, por sua vez, vem sendo cada vez mais exigido para contribuir com os objetivos econômicos e ecológicos da operação de transporte, uma vez que a forma de condução influencia diretamente nos resultados operacionais do caminhão, e em especial o consumo de combustível. As ações visam à produção de forma mais sustentável, visto que os estoques da matéria-prima do planeta são finitos, e à conscientização de que as atividades produtivas são poluidoras e suas externalidades negativas precisam ser permanentemente combatidas e reduzidas, como o material particulado (MP) ou como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Quadro 4.1:** Intervenções para redução de consumo de combustível.

Literatura	Intervenções	Economia prevista
Silva (2007)	1- Ecodriving 2- Pneus 3- Aerodinâmica	11,4%
Word Bank Brazil (2011)	1- Ecodriving	1%
GTZ (2005)	1- Ecodriving	14,2%
Rock Mountain Institute	1- Ecodriving 2- Pneus 3- Aerodinâmica 4- Peso da estrutura	12,3%
Word Bank China (2011)	1- Ecodriving 2- Pneus 3- Aerodinâmica 4- Peso da estrutura	23,7%
I-See (Volvo)	1- Adaptação por GPS	5%
Valtrax	1- Telemetria	10%

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise das informações listadas na tabela acima mostra que todas as iniciativas de pesquisa realizadas no mundo indicam que uma intervenção para reduzir consumo de combustível precisa atuar sobre a maneira de conduzir do motorista. A partir dessa premissa, buscou-se identificar as técnicas de condução avançadas para motoristas profissionais mais utilizadas no mundo. São elas: a *ecodriving* e o *ecomodder*, nos Estados Unidos, ou eco condução em Portugal, que prepara os condutores para dirigirem de maneira mais sustentável, poupando combustível e, assim, minimizando a emissão de poluentes atmosféricos, característicos dos veículos diesel.

#### **4.1- TÉCNICAS DE CONDUÇÃO AVANÇADAS**

Um dos objetivos deste trabalho é verificar a influência das técnicas de condução avançadas no consumo de combustível. Por esse motivo, apresenta-se abaixo um resumo das principais técnicas utilizadas:

*Target Driving (Driving With Load ou DWL)*: algo como alvo de condução, esta técnica suporta a utilização do motor dentro de uma faixa de ‘consumo desejado’. O objetivo é se manter sempre dentro dessa faixa, evitando, sempre que possível, flutuações de consumo, abaixo ou acima. Esta técnica faz com que se acumule mais energia cinética (velocidade) durante as descidas, onde as resistências são menores e, conseqüentemente, as perdas, para gastá-la durante a subida. Para melhor entendimento, esta técnica utiliza o princípio contrário do ‘piloto automático’ ou *cruise control*, que mantém a velocidade sempre constante.

*Driving Without Brakes (DWB)*: algo como dirigir sem frear. Esta técnica é bastante simples: sugere que o condutor dirija como se não tivesse os freios de serviço à disposição. O ato de frear é a atividade energética economicamente mais onerosa na condução de qualquer veículo terrestre. Ao frear, o condutor transforma energia cinética em calor e causa desgaste das pastilhas de freio, resultando em gastos. Frear apenas quando estritamente necessário diminui esse ‘desperdício’, reduzindo o consumo de combustível e do sistema de freios.

*Stop and Crawl*: algo como parar e rastrear. Esta técnica admite que diminuir a velocidade, seja por meio dos freios ou apenas desacelerando, é melhor do que retardar a freada e, com isso, parar completamente o veículo, como no caso das paradas em cruzamentos semaforizados. Portanto, é mais eficiente energeticamente frear antecipadamente e

prosseguir em uma velocidade menor para, em seguida, acelerar novamente (sempre evitando a parada completa).

*Idling Minimization:* algo como minimização da marcha lenta. O pressuposto de desenvolvimento desta técnica é minimizar o tempo em que o motor está produzindo energia que não se efetiva em movimento devido ao fato de o veículo estar parado; assim, há menos desperdício de combustível. Isso acontece nos momentos em que o veículo está em ponto morto (caixa de mudanças em neutro). Ao desligar o motor ou diminuir a potência produzida, reduz-se o consumo total.

*Traffic Light Timing:* algo como tempo de semáforo. Mais adequada em ambientes urbanos, esta técnica é simples, mas eficiente. Consiste em se adaptar aos tempos de sinal verde dos semáforos para minimizar os tempos de parada e de frenagem.

*Blocker:* muitos condutores têm dificuldades em se manter em baixas velocidades e assumir técnicas de condução econômicas de direção. Portanto, visando a minimizar os efeitos negativos do estilo de condução culturalmente disseminados de acelerar e diminuir bruscamente logo à frente, esta técnica consiste em fixar um outro automóvel se movendo a uma velocidade desejável e constante e se posicionar ligeiramente atrás ou logo à frente, como se os dois veículos formassem um comboio. Isso não causa efeito direto no consumo, pois é necessário manter a distância de segurança, mas acalma o motorista, pois faz com que ele, ao deixar de conduzir de maneira agressiva, dirija de maneira mais econômica.

*Racing Line:* muito utilizada nos circuitos de corrida, sua utilidade para menor consumo pode ser transferida para as rodovias. Seu princípio consiste em fazer curvas na maior velocidade possível, respeitando-se os preceitos de segurança, para que a frenagem seja mínima e a velocidade, estendida ao máximo possível, mitigando os efeitos negativos em termos de energia e redução de velocidade.

É importante analisar o uso das técnicas acima à luz do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e verificar a adaptação delas à regulamentação de trânsito do Brasil e à realidade brasileira.

*Target Driving:* a grande dificuldade de aplicação desta técnica é a exigência de flutuação de velocidade do veículo, o que implica em atingir velocidades superiores às permitidas pelo

Código de Trânsito. Para os veículos de transporte de cargas do transporte rodoviário brasileiro, essa velocidade é de 90 km/h em rodovias. Ainda conforme destacado no CTB, a segurança tem preferência sobre o consumo de combustível.

*Driving Without Brakes:* é importante destacar que esta técnica é bem diferente da tradicional “banguela”, comum no modo de condução dos motoristas brasileiros. A banguela, ou ponto morto, pode ser obtida por acionamento da embreagem, desconectando o conjunto de força do sistema de transmissão, ou ainda por colocação da alavanca de mudança de marchas na posição ‘neutra’. Para Yamamoto et al (2010), a banguela é uma situação de eficiência do motor, pois o carro segue apenas com momento de inércia e sem influência do motor. Contudo, o motor continua em funcionamento e, portanto, consumindo combustível (motor em marcha lenta); a consequência natural dessa atitude é o motorista assumir a banguela para frear no fim do movimento, sem o empuxo do motor. Essa situação, além de consumir combustível, ainda termina com o uso e, conseqüentemente, o desgaste das pastilhas de freio (freio de serviço), onde normalmente se deveria usar o freio motor. Todos os carros mais modernos, dotados de injeção eletrônica, cortam completamente a injeção de combustível no momento da utilização do freio motor. Com isso, o motorista economiza combustível e não desgasta os freios desnecessariamente. Outro ponto negativo a ser observado no caso do uso da ‘banguela’ diz respeito à segurança. Se um motorista se colocar à frente do veículo, isso provocará a utilização do freio de serviço. Porém, se o veículo estiver em uso de freio motor, a própria desaceleração desse serviço já colabora para a manutenção da distância de segurança. A distância para a utilização desta técnica, por sua vez, precisa ser aumentada. Como a premissa da técnica é utilizar o menos possível o freio de serviço, o mais adequado para o motorista é aumentar, ou em muitos casos, dobrar a distância de segurança. Com isso, se o veículo da frente diminuir a velocidade, o caminhão imediatamente atrás não precisará frear em um primeiro momento, fazendo-se valer apenas do freio motor, dentro da distância de segurança aumentada, e usando o freio de serviço apenas se for necessário diminuir a velocidade bruscamente.

*Stop and Crawl:* o único problema a ser observado durante o uso desta técnica é que, ao se manterem em uma velocidade mais adequada sob o ponto de vista da eficiência energética, outros motoristas podem se colocar imediatamente à frente do veículo que utiliza a técnica, forçando-o a frear para garantir uma distância segura e não respeitando, portanto, a



conservação da energia, que se apresenta nas velocidades de cruzeiro. Contudo, precavendo-se desse risco, a técnica tem boa utilização.

*Idling Minimization:* no Brasil, os semáforos normalmente são temporizados; os condutores podem se adaptar aos tempos do sinal para desligar o motor o maior tempo possível e, assim, economizar combustível. Porém, esta aplicação não funciona em caso de vias congestionadas ou retenções, que tem tempo de parada indefinido.

*Racing line:* de todas as técnicas, esta é a que possui as maiores restrições. Ao aumentar a velocidade em curvas, o veículo pode ser surpreendido pela ação da força centrífuga e, assim, sair pela tangente da curva, ocasionando acidentes. Além disso, a poluição visual e invasão das faixas de domínio nas rodovias prejudica a utilização desta técnica.

As técnicas não citadas não apresentaram variação à sua utilização em território nacional.

#### **4.2- TELEMETRIA VEICULAR**

No Brasil, o aumento da frequência de crimes ligados ao patrimônio das empresas e a vida das pessoas envolvidas no transporte rodoviário de cargas provocou um aumento no investimento de recursos em infraestrutura. Esta envolve a utilização de equipamentos e pessoal especializado em gerenciamento de risco, tendo como principal marco a multiplicação da oferta de sistemas de rastreamento de veículos. Em 1997 existiam, no Brasil, dez empresas fornecedoras de sistemas de gerenciamento de frotas por satélite. Naquela época, um rastreador com configuração básica custava entre US\$ 7 e 10 mil, e tinha como principal função inibir o roubo de veículos e cargas. Em 2007 existiam no país, segundo o Centro de Experimentação e Segurança Viária (CESVI BRASIL), noventa e nove empresas homologadas como fornecedoras de sistemas de rastreamento de veículos. O mercado foi inundado por uma série de fornecedores com diferentes tecnologias, todos oferecendo como principais benefícios a inibição do roubo de veículos e cargas, controle de jornada dos motoristas e o aumento da produtividade da frota.

No entanto, a instalação de equipamentos nos veículos e de softwares de rastreamento nas empresas, por si só, não resulta nas soluções desejadas sem uma correta adaptação dos processos existentes à nova realidade da empresa. Na última década, muitos transportadores rodoviários de carga amargaram prejuízos por não escolherem corretamente a tecnologia de

rastreadores ideal para suas operações, o que resultou em resistência por parte dos empresários do setor que, em alguns casos, possuem a visão de que o rastreamento de veículos é apenas de uma “*exigência de embarcadores*”. É preciso ainda explicar com clareza a diferença entre os rastreadores e os localizadores, muitas vezes confundidos pelos empresários do setor de transportes. Outro fator importantíssimo a ser analisado é que, no Brasil, as empresas de transporte de cargas, em muitos casos, também atuam como operadores logísticos. Isso envolve infraestrutura de equipamentos, pessoal e processos diferenciados, que devem ser levados em conta nas análises anteriores à escolha do sistema a ser implantado.

Mesmo com toda a evolução tecnológica e com a seleção natural feita pelo mercado em mais de dez anos, os sistemas de rastreamento de veículos ainda exigem grande volume de capital para implantação. Se este não for minuciosamente planejado, são grandes as chances de a empresa dimensionar de maneira incorreta o verdadeiro papel desses sistemas dentro de sua estrutura organizacional. Há necessidades de estudos focados em um melhor entendimento da importância e do potencial desse tipo de tecnologia para o setor de transportes.

#### **4.3- POSICIONAMENTO E NAVEGAÇÃO – INTRODUÇÃO E CONCEITOS**

##### **4.3.1- O sistema GPS**

O NAVSTAR-GPS, ou apenas GPS, como é mais comumente conhecido, é um sistema de rádio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA, visando a ser o principal sistema de navegação das forças armadas norte-americanas. Ele resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global: *Timation* e *System 621B*, sob responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, respectivamente. Em razão da alta precisão proporcionada pelo sistema e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (navegação, posicionamento geodésico, agricultura, controle de frotas, etc.).

O princípio básico da navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de

referência dos satélites. Do ponto de vista geométrico, apenas três distâncias, desde que não pertencentes ao mesmo plano, seriam suficientes.

O GPS consiste de três segmentos principais: Espacial, Controle e Usuários. Enquanto o primeiro está associado à constelação dos satélites e seus sinais, o de Controle monitora e faz a devida manutenção do sistema, enquanto que o de usuários do GPS é abrangente e continua a se ampliar.

#### **4.3.2- O sistema GLONASS**

Similar ao GPS, o GLONASS foi concebido para proporcionar posicionamento 3D e velocidade, bem como informações de tempo, sob quaisquer condições climáticas, em nível local, regional e global. Este sistema também foi concebido no início da década de 1970, na antiga URSS, pelo *Soviet Union's Scientific Production Association of Applied Mechanics*, e atualmente é desenvolvido e operado pela *Russian Federation Space Forces*. Da mesma forma que o GPS, o GLONASS é um sistema militar, mas ocorreram várias declarações do governo russo oferecendo o sistema para uso civil. O GLONASS foi declarado totalmente operacional no fim de 1995, com uma constelação de 24 satélites. Porém, em decorrência da falta de lançamentos de novos satélites para substituir os mais antigos ou os que apresentassem problemas, o número de satélites decresceu consideravelmente. No fim de 2005, a constelação contava com apenas doze satélites.

A precisão instantânea proporcionada pelo GLONASS, em serviço similar ao posicionamento simples no SPS do GPS, é da ordem de 60 e 75m, com 99,7% de probabilidade, para os componentes horizontais e verticais, respectivamente. Da mesma forma que o GPS, o GLONASS é composto de três segmentos, sendo o segmento de usuários muito menor que o do GPS.

#### **4.3.3- O sistema GALILEO**

A decisão do governo norte-americano de não autorizar outras nações a participarem do controle de uma configuração básica do GPS levou a União Europeia (UE) a desenvolver uma solução própria para o GNSS, quer com outras nações, quer sozinha. Em fevereiro de 1999, a UE fez uma recomendação para que os europeus desenvolvessem uma nova constelação de satélites para navegação.

Em junho de 1999, baseado nos trabalhos anteriores realizados pelo Fórum Europeu do GNSS, o Ministério dos Transportes Europeu concordou com a fase de definição desse sistema, denominado Galileo, que é a contribuição europeia para o GNSS. Ele será um sistema aberto e global, com controle civil, que deverá ser completamente compatível com o GPS (e provavelmente com o GLONASS), mas independente.

A fase de definição compreendeu o período de 1999 a 2002, na qual se cuidou dos requisitos iniciais e da arquitetura do sistema. Dois estudos principais foram realizados: o primeiro denominado Gala, do conselho europeu (EC), sobre a arquitetura do sistema, e o segundo da ESA (*European Space Agency*), denominado GalileoSat, relacionado ao segmento espacial. Tratou-se de uma fase crucial, pois dependia dela a continuidade ou não do sistema. Em seguida, com aprovação da continuidade do Galileo, em 26 de março de 2003, teve início a fase de desenvolvimento do sistema, em que estão o planejamento e a validação do Galileo. Atualmente, há grande quantidade de receptores no mercado civil para as mais diversas aplicações, limitadas apenas pela imaginação dos usuários. Isso demonstra que o GPS realmente atingiu sua maturidade. Os principais componentes de um receptor GPS são:

- antena com pré-amplificador;
- seção de RF (radiofrequência) para identificação e processamento do sinal;
- microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento de dados;
- oscilador;
- interface para o usuário, painel de exibição e comandos;
- provisão de energia; e
- memória para armazenar dados.

#### **4.3.4- Transmissão de dados**

Ter a informação de posicionamento (coordenadas) de forma precisa no receptor (instalado em um veículo) não é o bastante. É preciso transmitir essa e outras informações coletadas por diferentes sensores (velocidade, temperatura, etc.) para uma central de monitoramento, onde os gestores das empresas de transporte poderão tomar as melhores decisões baseadas nessas informações. Essa transmissão pode ser direta, do veículo para a central de monitoramento do transportador, ou indireta, do veículo para um centro de processamento

de dados (Data Center), e deste para a central de monitoramento do transportador. A grande maioria dos produtos disponíveis no mercado nacional transmite os dados de forma indireta.

Quanto ao meio de transmissão podemos citar três canais:

- Satélites de comunicação
- Radiofrequência
- GPRS (telefonia celular com tecnologia GSM)

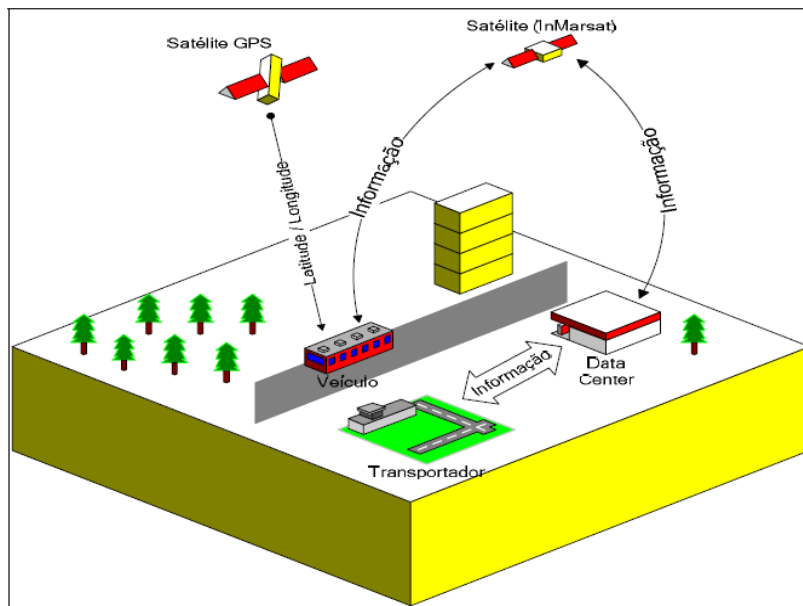
O meio de transmissão das informações é o principal item técnico a ser avaliado no momento da escolha de um sistema de rastreamento, pois é ele o responsável direto pelas tarifas pagas pela utilização e disponibilidade operacional do sistema. Fatores como região de tráfego, frequência da comunicação entre a central de monitoramento e os veículos, valor agregado dos produtos transportados, custo de manutenção do hardware *on-board* e, principalmente, as características operacionais logísticas envolvidas também devem ser estudadas minuciosamente antes de se tomar qualquer decisão a favor de um sistema.

#### 4.3.4.1- *TRANSMISSÃO POR SATÉLITES DE COMUNICAÇÃO*

Conforme informações obtidas junto à INMARSAT, consórcio formado por empresas de navegação marítima e líder mundial de mercado no fornecimento de soluções para monitoramento via satélite, com sede em Roterdã (Holanda), por meio do INMARSAT ANNUAL REPORT AND ACCOUNTS (2006), esta é a forma mais precisa de transmissão de dados, pois utiliza satélites de comunicação para transmitir as coordenadas de posicionamento de veículos e os demais dados envolvidos nas operações de transporte.

A transmissão das informações sempre é realizada de maneira indireta, pois é necessária uma base que transmita as informações entre o satélite e a central de monitoramento do transportador e vice versa.

**Figura 4.1:** Arquitetura de transmissão de dados por satélite



Fonte: INMARSAT – Annual Report and Accounts (2006)

A maior vantagem desta arquitetura de transmissão de dados é área de cobertura, uma vez que as áreas onde a comunicação fica inativa são mínimas, restringindo-se aos planos não cobertos pelo satélite de comunicação utilizado e a áreas cobertas por metal ou concreto.

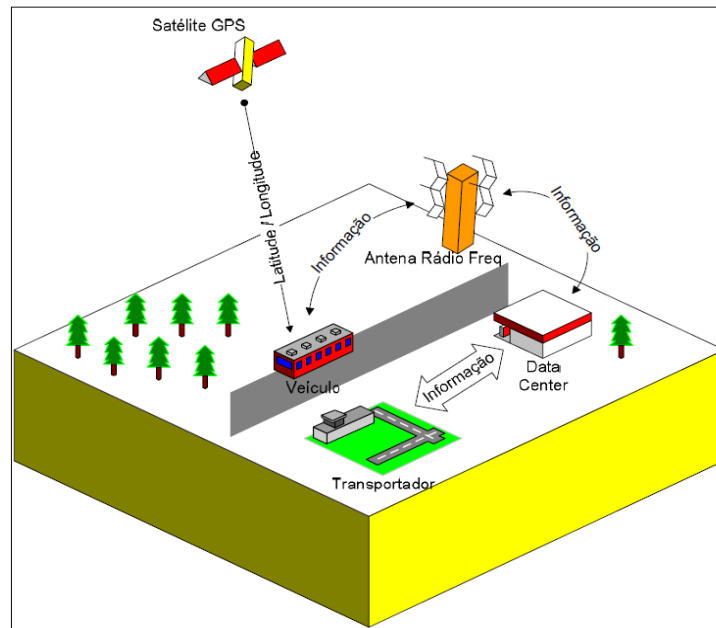
No Brasil, os satélites utilizados para este fim são o BrasilSat 1 e BrasilSat2, de propriedade do governo federal, e os satélites do sistema INMARSAT.

#### 4.3.4.2- Transmissão por radiofrequência

Ainda segundo a INMARSAT, por meio do *Annual Report and Accounts* (2006), este é um meio que passa por um período de transição. Há cerca de uma década, era um dos mais utilizados meios para a transmissão constante de dados entre os receptores e as centrais de monitoramento, por ter menor custo que os canais de satélite e por permitir tanto a transmissão direta quanto a indireta entre as centrais de monitoramento dos transportadores e os veículos.

Com o desenvolvimento de tecnologias de transmissão de dados por meio das cada vez mais populares redes de telefonia celular, vem tendo seu uso desenvolvido para a transmissão precisa de localização de veículos em espaços fechados (plantas industriais e centros de distribuição) ou de pequenos objetos a curta distância.

**Figura 4.2:** Arquitetura de transmissão por radiofrequência



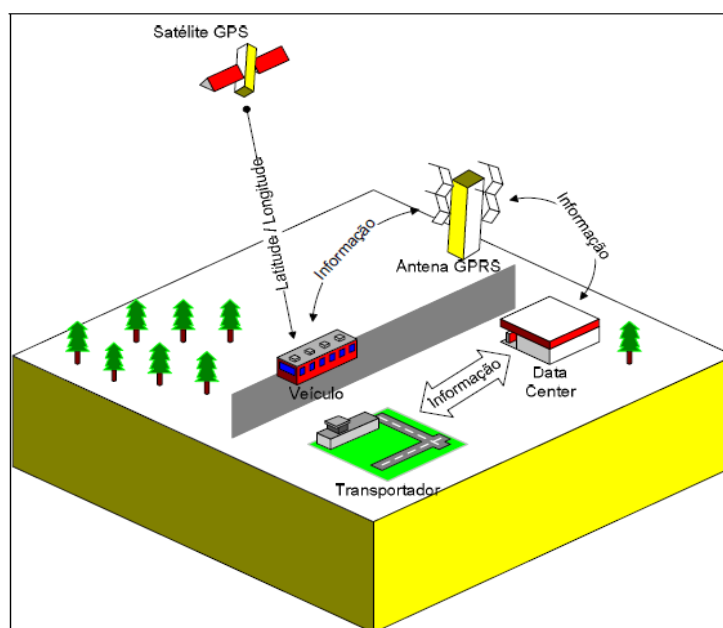
Fonte: INMARSAT – Annual Report and Accounts (2006)

Atualmente, os sistemas de segurança patrimonial utilizam este meio para recuperar veículos e cargas que possuem equipamentos de rádio frequência instalados. Outra grande utilização é no monitoramento de máquinas, equipamentos e pessoas dentro de áreas delimitadas, como usinas siderúrgicas, minas de exploração de metais e grandes armazéns, devido à sua precisão e à baixíssima interferência em seus sinais, mesmo em áreas com grande concentração de emissores de interferência, como metais, concretos e ondas eletromagnéticas.

#### 4.3.4.3- Transmissão por rede de telefonia celular (Redes GSM/GPRS)

Segundo a INMARSAT, ainda no *Annual Report and Accounts* (2006), é o meio que mais se desenvolveu na última década. Com o surgimento de tecnologias de transmissão de voz, como a GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis, originalmente, Groupe Spécial Mobile), foi possível o desenvolvimento de tecnologias com velocidade e banda cada vez maiores para a transmissão de dados, como a GPRS (Serviço de Comutação de Pacotes – *General Packet Radio Service*). A popularização do telefone celular e a concorrência entre as diversas operadoras presentes no mercado proporcionaram grande redução nos custos de utilização da rede de telefonia celular, utilizada para a transmissão das informações entre os veículos equipados com rastreadores e suas respectivas empresas e no hardware utilizado na fabricação dos equipamentos instalados nos veículos.

**Figura 4.3:** Arquitetura de transmissão de dados por GPRS



Fonte: INMARSAT – Annual Report and Accounts (2006)

No entanto, este é um canal de comunicação que, apesar da grande expansão da rede de telefonia celular no Brasil, apresenta consideráveis áreas onde a transmissão das informações, tanto de localização como dos demais dados operacionais, fica impossibilitada.

#### 4.3.4.4- *Transmissão híbrida (GPRS + SATÉLITE)*

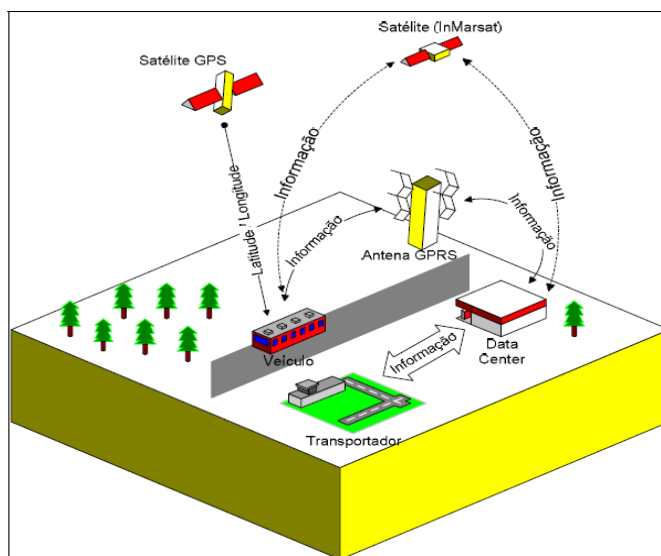
Segundo o *Annual Report and Accounts* (2006), fornecido pela INMARSAT, esta é uma solução muito desenvolvida e utilizada no Brasil. Vem sendo cada vez mais adotada no mercado nacional, por teoricamente proporcionar o melhor do baixo custo da comunicação celular com o melhor da confiabilidade da comunicação via satélite.

A solução híbrida é a união de duas antenas de comunicação, uma para transmissão de dados via satélite e outra via celular (GSM/GPRS), ligadas a um único computador de bordo instalado no veículo. Além de efetuar todo o processamento da comunicação entre a central de monitoramento e o veículo, ela gerencia a comutação entre as antenas das duas tecnologias. O processo tem como meio de comunicação primário o sistema celular (GSM/GPRS), por este possuir menor custo de comunicação, mas programado para que, a partir do momento em que ele apresente uma perda significativa de sinal, o computador de bordo citado automaticamente mude a via de comunicação para o sistema satélite.



O sistema instalado na central de rastreamento permite identificar qual meio está sendo utilizado por cada equipamento instalado, se GPRS (celular) ou satélite. Ele também mede o tempo utilizado em cada meio de comunicação, o que possibilita o correto gerenciamento do custo de comunicação, uma vez que as tarifas dos sistemas celulares e satélite são diferentes.

**Figura 4.4:** Arquitetura de Transmissão de dados híbrida



Fonte: INMARSAT – Annual Report and Accounts (2006)

Estes são os equipamentos que mais crescem no país. Aliados a novas tecnologias de gestão técnica de veículos (telemetria), apresentam-se como o caminho natural de evolução dos sistemas de rastreamento no Brasil.

#### 4.3.4.5- Transmissão dupla rede GPRS (Híbrido GPRS)

Ainda segundo o *Annual Report and Accounts* (2006), fornecido pela INMARSAT, a transmissão de dados por dupla rede, a exemplo da transmissão híbrida (GPRS + Satélite), também se encontra muito desenvolvida no Brasil.

Estes são equipamentos muito novos no mercado, e ainda sofrerão muitos processos de evolução tecnológica. A tendência de crescimento no mercado brasileiro desta tecnologia é grande devido a facilidade com que os computadores de bordo desta geração de equipamentos interagem com as tecnologias de gestão técnica de veículos (a telemetria). Em conjunto com os rastreadores de tecnologia híbrida (GPRS + Satélite), deverá ser a

tecnologia adotada por grande parte dos transportadores de carga que atuam no mercado de distribuição urbana.

#### **4.3.5- Equipamentos que compõe um rastreador de veículos por satélite**

Existem diversas formas de transmitir dados coletados pelos rastreadores, que posteriormente serão transformados em informações pertinentes às operações do transportador rodoviário de cargas e de seus embarcadores.

No entanto, o mercado apresenta grande diversidade de rastreadores equipados com os mais diferentes tipos de equipamentos. Listam-se a seguir, todos os equipamentos acessórios disponíveis no mercado, explicando suas funcionalidades. É importante salientar que nem todos os acessórios listados são fornecidos por todos os fornecedores, cabendo ao corpo técnico do transportador efetuar junto à sua seguradora e à seguradora de seus clientes uma pesquisa com o objetivo de verificar quais desses acessórios são obrigatórios, para o perfeito monitoramento dos veículos e suas cargas, garantindo a cobertura adequada pelas diversas apólices de seguro que garantem a segurança das operações efetuadas.

##### *4.3.5.1- Itens de série*

Todos os equipamentos à venda no mercado possuem itens de série que compõem o conjunto mínimo para o correto funcionamento do rastreador. São eles:

- a) Antena GPS: antena que colhe as informações de latitude e longitude diretamente dos satélites GPS,
- b) Antena de Transmissão de Dados: antena que proporciona a transmissão dos dados colhidos pela antena GPS e pelos diversos sensores existentes no veículo após processados pelo computador de bordo do rastreador.
- c) Computador de Bordo: trata-se do “cérebro” do equipamento. É o equipamento responsável pelo processamento de todos os dados colhidos pelos sensores e antenas.
- d) Botão de Pânico: botão localizado no painel do veículo ou em local secreto dentro da cabine que permite ao motorista avisar à central de monitoramento do transportador sobre situações de risco de roubo do veículo.

e) Teclado de Comunicação: teclado com visor de cristal líquido que permite a comunicação bidirecional entre o motorista e a central de monitoramento do transportador por mensagens padrão (macros) ou de formato livre.

É importante salientar que as funções de Inteligência Embarcada e Telemetria possuem propósitos diferentes. Enquanto a primeira tem por objetivo garantir o cumprimento das normas de segurança estabelecidas pela apólice de seguros e praticadas pelas gerenciadoras de risco, a segunda tem por objetivo identificar se o veículo está sendo operado pelo motorista de forma correta. Não são raros os casos em que transportadores e gerenciadores de risco confundem essas funções.

#### **4.3.6- Diferenças entre rastreadores e localizadores**

Com base nos itens apresentados até agora, podemos estabelecer as diferenças entre os equipamentos de rastreamento e de localização.

Os rastreadores e localizadores têm em comum o sistema de aquisição de coordenadas geográficas: ambos utilizam o GPS. A diferença entre ambos reside unicamente no fato que os rastreadores têm como principal característica a capacidade de transmitir as coordenadas coletadas por meio de uma arquitetura de comunicação, como as apresentadas anteriormente enquanto que os localizadores apenas emitem um pulso, por meio de radiofrequência em potência única, dependendo de um segundo equipamento que mede a intensidade do pulso emitido pelo localizador. Assim, quanto maior a intensidade do pulso recebido, mais próximo estamos do localizador emissor.

Os localizadores são utilizados intensamente por biólogos e outros pesquisadores que estudam os hábitos de espécies da fauna em diversos países, e também como equipamento de contingência, para casos de roubo ou furto em que o rastreador instalado no veículo abordado é desativado. Serve ainda como equipamento de localização de cargas de alto valor agregado, onde são implantados dentro das caixas das mercadorias transportadas.

#### **4.3.7- Sistemas de gerenciamento de frotas por satélite no transporte**

Como podemos ver, os sistemas de gerenciamento de frotas são ferramentas capazes de fornecer informações que podem ser decisivas no processo de transporte, mais precisamente na distribuição física dos materiais. No entanto, historicamente, a importância da informação para o desempenho do transporte não tem tido o devido destaque. Essa negligência foi fruto da falta de tecnologia adequada ou da implantação da tecnologia correta de forma inadequada para gerar as informações desejadas. Felizmente, a tecnologia atual, disseminada em todos os ciclos de atividades logísticas, é capaz de atender os mais exigentes requisitos, mesmo aqueles que exigem informação obtida em tempo imediato. O fato de o mercado de transportes brasileiro passar por um período de renovação dos executivos, em que os profissionais estão aprendendo a utilizar a tecnologia da informação para elaborar soluções logísticas cada vez mais customizadas para seus clientes, facilita o processo de implantação dessa tecnologia.

## **5- MODELO PROPOSTO**

### **5.1- CONSTRUÇÃO DO MODELO**

A partir do estudo do problema do consumo excessivo de combustível das empresas do transporte rodoviário de cargas, isolaram-se três fatores como causas principais dessa ineficiência:

Fatores Humanos: a falta de treinamento dos motoristas profissionais no Brasil por parte das empresas e dos órgãos responsáveis pela formação de mão de obra para este setor, aliado ao processo de formação de condutores instituído pelo Código de Trânsito Brasileiro e alicerçado pela Resolução 168/04, que em momento algum do processo de aprendizagem instrui sobre conceitos básicos relativos à eficiência energética de forma adequada aos candidatos à primeira habilitação. Também se ressalta o processo de mudança de categoria, que somente exige aulas práticas de direção veicular. Conceitos importantes para a gestão consciente de combustível na operação não são repassados nem exigidos dos motoristas de transporte brasileiro, como por exemplo, conservação da energia, recuperação da energia, grandezas físicas aplicadas ao movimento, dentre outros entendimentos conceituais com aplicação prática ao trabalho de transporte. Some-se ainda a Resolução nº 358 do CONTRAN, que definiu cursos especializados para algumas categorias de transporte, mas não apresentam na ementa o conteúdo de eficiência energética para esclarecer aos motoristas do transporte de cargas brasileiro quanto ao seu fundamental papel na redução de consumo de combustível dos seus veículos por meio da execução de técnicas de condução que permitam a conservação da energia. Isso criou um contingente de trabalhadores que desconhece seu papel para a eficiência da operação de transporte e, por consequência, não valoriza seu papel no alcance das metas organizacionais das empresas do setor, que veem esse profissional como um mal necessário e mão de obra dispendiosa. Esse contexto cria um péssimo ambiente para a categoria dos motoristas, que, por falta de qualificação e horizonte profissional, ficam a cada dia mais desmotivados e interessados em deixar a profissão. Essa tendência é corroborada pela pesquisa Volvo de 2012, do Programa Volvo de Segurança no Trânsito, que concluiu em seu relatório que 77% dos profissionais motoristas do setor de transporte querem deixar a profissão.

Fatores mecânicos: as empresas de transporte rodoviário de cargas necessitam de caminhões. Estes por sua vez, precisam ser renovados, segundo o modelo de vida econômica, a cada 5 anos, considerando uma depreciação de 20% ao ano. Contudo, o investimento em um veículo pesado novo varia de R\$ 300.000 (trezentos mil reais), no caso de um caminhão da marca Volkswagen, modelo 19.330; até mais de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais), no caso de a escolha ser um modelo da marca Volvo, modelo FH 750. Os altos custos desses equipamentos refletem os investimentos necessários por parte das montadoras para seu desenvolvimento. Esse é o principal motivo de as marcas hoje desenvolverem projetos mundiais, com vendas do mesmo equipamento nos principais mercados do globo. Como os investimentos para melhoria e inovação tecnológica são altos, há uma inibição do alcance das novas tecnologias para veículos já em operação – é o exemplo dos motores capazes de utilizar os combustíveis com baixo teor de enxofre, recentemente disponibilizados ao transportador nacional, mas que ainda convivem com veículos antigos e que não absorveram essa tecnologia. Isso obriga os postos de combustível a oferecerem tanto combustível com baixo teor de enxofre quanto o combustível com tecnologia antiga. O resultado é o aumento no custo dos postos, devido à manutenção de diferentes itens em estoque, que é repassado ao valor dos combustíveis. Ou seja, a barreira a entrada da tecnologia nos veículos em serviço acaba contaminando os preços dos insumos para todo o setor.

Contudo, diversas empresas hoje se dedicam a desenvolver novas tecnologias aplicáveis aos caminhões em operação no TRC, visando a aumentar o desempenho operacional dos mais de 2 milhões de caminhões registrados no País. Porém, essas iniciativas estão isoladas e não possuem lastro científico que comprovem sua eficiência e aplicabilidade em larga escala, com mensuração real dos benefícios.

Fatores Gerenciais: as empresas de transporte rodoviário de cargas no Brasil são, em sua maioria, empresas de origem familiar, com baixa qualificação na gestão e pouca cultura de inovação. Não há, de forma significativa, departamentos de Pesquisa e Desenvolvimento nessas empresas; também são poucas as que investem em projetos de pesquisa de novos produtos e serviços. Como exemplo, melhorias tecnológicas como os motores do programa P7 (baseados na tecnologia Euro5), que utilizam o reagente catalítico Arla32 e são menos poluidores; ou ainda a exigência por parte de alguns embarcadores no ato da seleção de seus transportadores, que os mesmos possuam sistemas de rastreamento, são vistos por organizações desse setor como despesa, e não como oportunidade de melhoria a partir do potencial dessas tecnologias. O conhecimento, se inserido nessas organizações, pode

aumentar a competitividade e garantir a continuidade de suas operações. Tomando como base a ferramenta de rastreamento, hoje bastante disseminada nas organizações de transporte, se tratada como ferramenta de diferenciação competitiva, e não como mais uma despesa imposta pelos embarcadores para gestão de risco, permitiria ao transportador usar a telemetria, disponível em alguns pacotes de serviço de rastreamento, para melhor acompanhamento do centro nervoso de seus negócios – a operação de transporte.

Com base nas premissas acima, desenvolveu-se um modelo de redução de consumo de combustível para empresas transportadoras de cargas que utilizam veículos pesados em suas operações. O modelo proposto utiliza três tecnologias:

1 - Sistema de telemetria para monitorar a rota dos caminhões, considerando a altimetria do percurso como indicador para o remapeamento dos veículos. Como nos aclives, em função da dificuldade do veículo em vencer a gravidade, a velocidade diminui, obrigatoriamente. Tanto para o caminhão com transmissão automática ou manual, a redução de marcha é necessária. No instante da mudança de marchas, o veículo fica sob a ação da gravidade e sem força de empuxo, pois, neste momento, a transmissão de força do motor para as rodas é interrompida na caixa de mudanças. Esses fatores somados proporcionam o aumento no consumo de combustível. A adição de torque tem amparo legal garantido pela Resolução 291/08 e 292/08 do Contran. Essa ação dá mais força ao motor para vencer essas barreiras nos momentos mais críticos de consumo de energia e também proporciona redução na quantidade de trocas de marchas durante a travessia de aclives, o que diminui o tempo de viagem e o desgaste físico do motorista.

2 - O remapeamento de motores é uma técnica já amplamente difundida no mercado de serviços de transporte, sendo sua aplicação realizada de duas maneiras. A primeira consiste em retirar o módulo eletrônico do veículo, chamado de ECU (*Eletronic Central Unit*), e substituir o chip que contém as instruções de gerenciamento eletrônico de combustível, utilizado pela central de injeção. Esse procedimento, embora apresente custos menores, pois o instalador apenas coloca um chip ‘de prateleira’ para aumentar a potência do caminhão, muitas vezes também aumenta o consumo de combustível, pois não oferece uma solução customizada dentro das reais necessidades do transportador. Além disso, o remapeamento feito dessa forma e sem controle permite ao motorista usá-lo apenas para melhorar o desempenho motor, sem preocupação com o desempenho energético. A outra possibilidade

de remapeamento, mais moderna, é realizada por meio de aparelhos que se comunicam com a ECU (*Electronic Central Unit*) do caminhão, por meio da porta de diagnóstico, ou o barramento CAN (*Controller Area Network*), um protocolo de comunicação. Assim, conectado por um chicote, o equipamento de leitura e gravação pode ler e alterar os mapas de torque configurados na ECU sem necessidade de troca de chips. Outra grande possibilidade desse procedimento é alterar o torque de acordo com as necessidades do transportador. Tal possibilidade, com diversos mapas de torque/potência, já é uma realidade em carros de passeio de marcas de luxo. Também há algumas propostas de modelos que oferecem várias possibilidades de condução, com desempenhos diferentes como norma, econômico, esporte, etc. Na verdade, oferecem a possibilidade de mapas de torque/potência mais adequada a cada situação. Em outros países, já existem equipamentos que permitem pré-gravação de mapas de torque/potência específicos para cada situação de operação. Também a indústria, mais resistente ao uso dessa técnica, por razões comerciais, começa a dar sinais de flexibilização do uso dos motores. É o caso do veículo recém lançado pela Volvo FH 750, o mais potente do mundo e também o mais caro dos veículos em série disponíveis no mercado. Esse modelo traz o sistema *I-See*, tecnologia de monitoração das condições de operação da caixa de mudanças do veículo, *I-Shift*, na estrada e marcação por GPS. O *I-See*, permite que o veículo, ao passar novamente por um local anteriormente georreferenciado, adote procedimentos de uso da caixa de transmissão, *I-Shift*, mais adequados, visando a reduzir o consumo de combustível. Os resultados mostram redução de até 5% no consumo de combustível pela utilização dessa tecnologia embarcada. Contudo, não há, ainda, tecnologia embarcada que permita a realização desse mesmo procedimento de marcação por GPS nas condições de operação do motor, para que futuramente ele possa ‘se adaptar’ às condições do terreno, visando a reduzir o consumo de combustível. Porém, o objetivo desse método é propor algo similar, realizado empiricamente pela análise da rota e proposição de ajustes ao motor, para futura utilização e medição dos resultados. Vale ressaltar que todos esses procedimentos não surtem efeito se o caminhão não for operado segundo os preceitos da condução eficiente.

3 – Técnicas de condução eficiente: a revisão da literatura aponta, como mostra tabela 2.4, que o modo de condução é fundamental para melhorar a eficiência energética dos caminhões. Alguns conceitos consagrados, como o *ecodriving*, são mais táticas e estratégicas do que modos operacionais. Eles trazem grande contribuição filosófica sobre o tema, com dicas para a gestão do transporte; porém, para o treinamento dos motoristas, a técnica de condução



eficiente se faz valer das formas de conduzir descritas no item 5.1.1 deste trabalho. Assim, o veículo é operado nas mais adequadas condições em função do terreno por onde passam as rotas de transporte. De posse do conhecimento, o motorista passa a ser um piloto, como no transporte aéreo ou nas corridas de carros: um condutor altamente treinado e especializado. Para a aplicação do modelo, buscou-se uma empresa que disponibilizasse os motoristas para o treinamento *in company*. Esse treinamento envolve técnicas teóricas e práticas, com carga horária total de treinamento de 8 h/a, sendo realizado percurso para aplicação dos conceitos.

## 5.2- APLICAÇÃO DO MODELO

### 5.2.1- Fase 1 – Remapeamento dos motores

Para esta fase, foi escolhido um caminhão Mercedes-Benz 1938 ano 2006, que realiza a rota de Porto Velho-RO até Brasília-DF transportando madeira e frete retorno pelo mesmo itinerário, transportando cimento.

O condutor do veículo não foi treinado e tampouco foi instalado equipamento de rastreamento e telemetria. Somente o remapeamento de potência foi efetivado, adicionando 10% aos 380 CV originais de fábrica. É importante destacar que o controle foi realizado por meio de outro caminhão da empresa, com mesmas características mecânicas e realizando o mesmo itinerário de transporte e carga. Os resultados estão consolidados na tabela abaixo:

**Tabela 6.1:** Desempenho do teste fase 1

	<b>Distância percorrida</b>	<b>Consumo médio</b>	<b>Peso médio</b>	<b>Tempo de Viagem</b>
<b>Pré intervenção</b>	2.500 km	1.85 km/l	38 ton	72h
<b>Pós intervenção</b>	2.500 km	2.00 km/l	38 ton	62h
<b>Desempenho</b>	10% superior			

Fonte: Elaboração própria.

O veículo, após a intervenção, reduziu o consumo de combustível em 10%. O tempo de viagem também foi reduzido em 10%, o que evidencia o aumento de produtividade. Porém, esta fase evidenciou a necessidade de maior controle da operação, pois o modo de condução do motorista é decisivo para o desempenho energético. Também se destaca a necessidade de controle por parte do gestor de frota quanto ao desempenho do motor, como o tempo de trabalho dentro da faixa ótima de consumo (RPM).

### 5.2.2- Fase 2 – Remapeamento e condução eficiente

Esta fase foi realizada após o estudo, adaptação e desenvolvimento de técnicas de condução que permitissem ao condutor extrair o máximo em termos de desempenho do caminhão remapeado.

O veículo testado desta vez foi um Volvo FH 400, que realiza o transporte de carga geral de São Paulo-SP para Curitiba-PR. Este veículo, após remapeado, ficou com 440 CV ante os 400 CV anteriores. O condutor foi treinado na técnica de condução descrita acima; porém, o veículo não foi monitorado por telemetria. Os dados consolidados estão descritos abaixo:

**Tabela 6.2:** Desempenho do teste fase 2

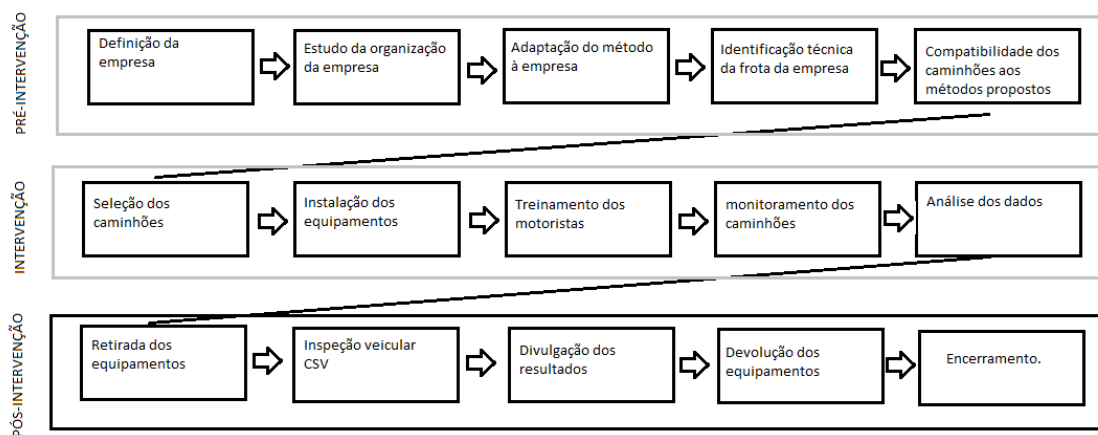
	Distância percorrida	Consumo médio	Peso médio	Tempo de Viagem
<b>Pré intervenção</b>	500 km	2.00 km/l	27 ton	8h
<b>Pós intervenção</b>	500 km	2.38 km/l	27 ton	8h
<b>Desempenho</b>	18% superior			

Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.3- Fase 3 – Remapeamento, condução eficiente e telemetria

Com base nos levantamentos realizados, foram definidos os procedimentos metodológicos para a realização da pesquisa de campo, desenvolvido de forma integral na fase 3 de validação do método proposto.

**Figura 5.1:** Modelo esquemático do método proposto



Fonte: Elaboração própria.

Fases do método proposto:

**Pré-intervenção:**

A) Definição da empresa: em função da região de localização deste trabalho, buscou-se uma empresa com matriz no Distrito Federal, com frota dotada de veículos pesados, disposta a ceder equipamentos e pessoas à realização do trabalho.

B) Estudo da organização da empresa: esta fase compreende a imersão do pesquisador na empresa, para compreender o modelo de gestão de frotas adotado.

C) Adaptação do método à empresa: dado o aprendizado quanto ao modelo gerencial da organização, foi verificada a compatibilidade do método proposto com o tipo de gestão de frotas adotado pela organização.

D) Identificação técnica da frota da empresa: esta etapa compreende o levantamento das especificações técnicas dos caminhões.

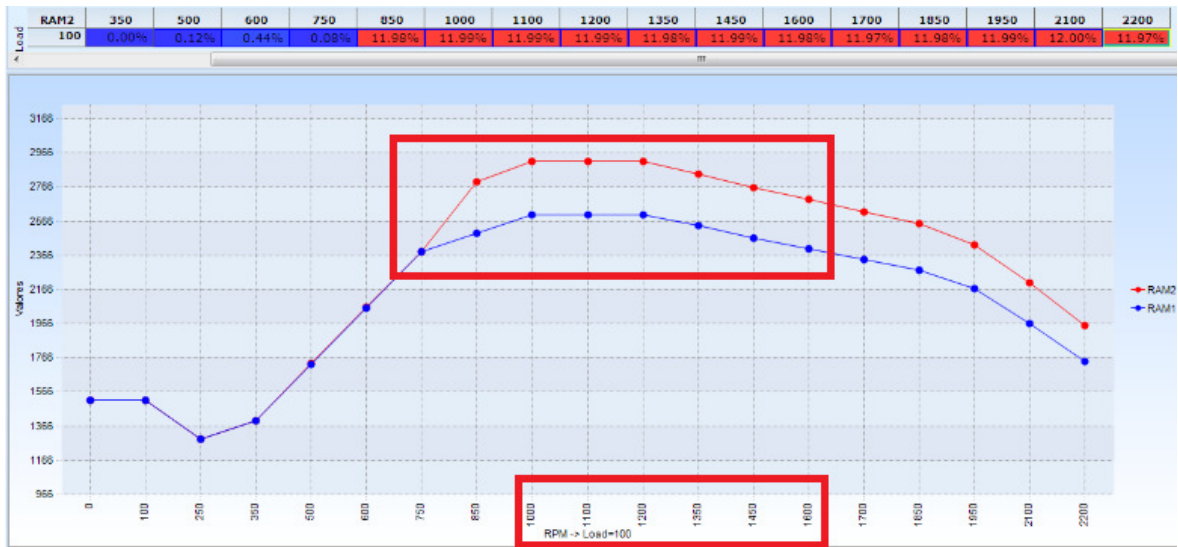
E) Compatibilidade dos caminhões aos métodos propostos: é a fase da verificação da sua compatibilidade com os equipamentos disponíveis para a pesquisa com a frota da empresa.

F) Seleção dos caminhões: de acordo com o número de caminhões disponíveis e aptos ao trabalho de pesquisa, foram selecionados os que efetivamente participariam, considerando, dentre outros fatores, a existência de relatórios de manutenção preventiva e corretiva e a existência de banco de dados com histórico de consumo de combustível.

**Intervenção:**

G) Instalação dos equipamentos: trabalho realizado em conjunto com os técnicos de instalação dos equipamentos e mapas de torque/potência. Calibração do torque de acordo com o histórico de dados de monitoramento do veículo. Aplicação de mais torque ao motor dos veículos participantes da pesquisa, dentro de limites preestabelecidos. A Figura 5.2 apresenta a tela do software de remapeamento. As linhas em azul representam a curva de torque original do caminhão. Já a curva em vermelho representa o novo torque. A linha das abscissas mostra os valores de torque e as linhas das ordenadas mostra as faixas de rotações por minuto executadas pelo motor.

**Figura 5.2:** Curva de torque do motor



Fonte: Chiptronic (2010).

H) Treinamento dos motoristas: realização da capacitação proposta e explicação da pesquisa realizada no âmbito da organização, sua frota e pessoal. Treinamento e desenvolvimento do motorista na técnica de condução eficiente. Foi desenvolvido um módulo de instrução veicular que contempla 5h/a de teoria sobre a eficiência energética, ecoeficiência e técnicas de condução; e outro módulo, com 3 h/a de prática e aplicação desses conceitos.

I) Monitoramento dos caminhões: acompanhamento por telemetria da operação.

J) Análise dos dados: investigação e análise dos dados coletados.

**Pós-intervenção:**

K) Retirada dos equipamentos: realizada em conjunto com os técnicos que instalaram o material.

L) Inspeção Veicular: necessária para garantir a integridade dos caminhões disponibilizados para o trabalho de campo.

M) Divulgação dos resultados: fase de informações para a empresa acerca dos resultados alcançados.

N) Encerramento: transposição dos dados para o trabalho de dissertação.

Esta fase consolidou a aplicação, de forma conjunta, das etapas de remapeamento, capacitação de motoristas e telemetria.

O critério de seleção da empresa levou em conta a localização geográfica, pois a proximidade da base de operações facilitaria o contato e a aplicação desta fase da pesquisa.

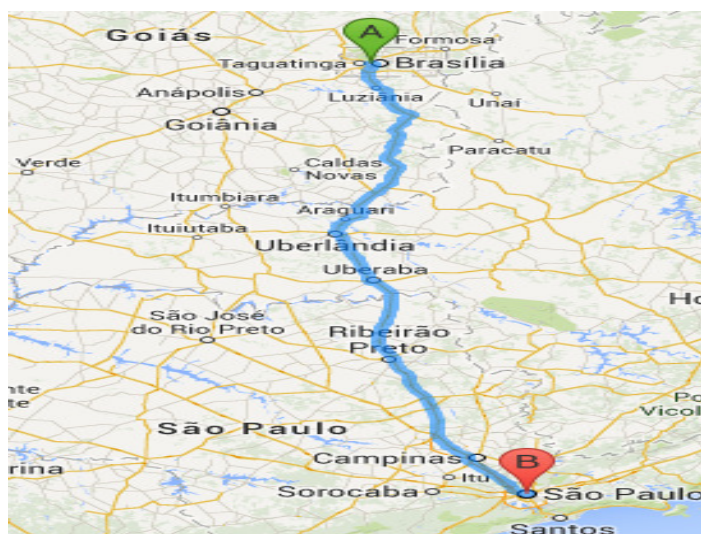
**Tabela 5.3:** Descrição da empresa

Segmento	Ano de fundação	Nº de filiais	Nº de funcionários	Nº de veículos
Transporte rodoviário de carga geral	1985	3	300	190

Fonte: Elaboração própria.

A empresa selecionada atua no segmento de transporte de carga fracionada para um grande embarcador. A rota analisada tem origem em Brasília-DF e destino em São Paulo-SP. Trata-se de uma rota fixa, com regularidade de saída de caminhões, da ordem de 3 veículos por dia. A distância percorrida é de 2.200 km, ida e volta.

**Figura 5.3:** Rota adotada pela empresa Brasília a São Paulo



Fonte: Google maps.

Os veículos utilizados pela empresa nesta rota são cavalos-mecânicos da marca Volkswagen, modelo 19.330, todos com ano de fabricação em 2013, o que facilitou sobremaneira o trabalho de instalação dos equipamentos da pesquisa.

**Quadro 5.1:** Descrição dos veículos

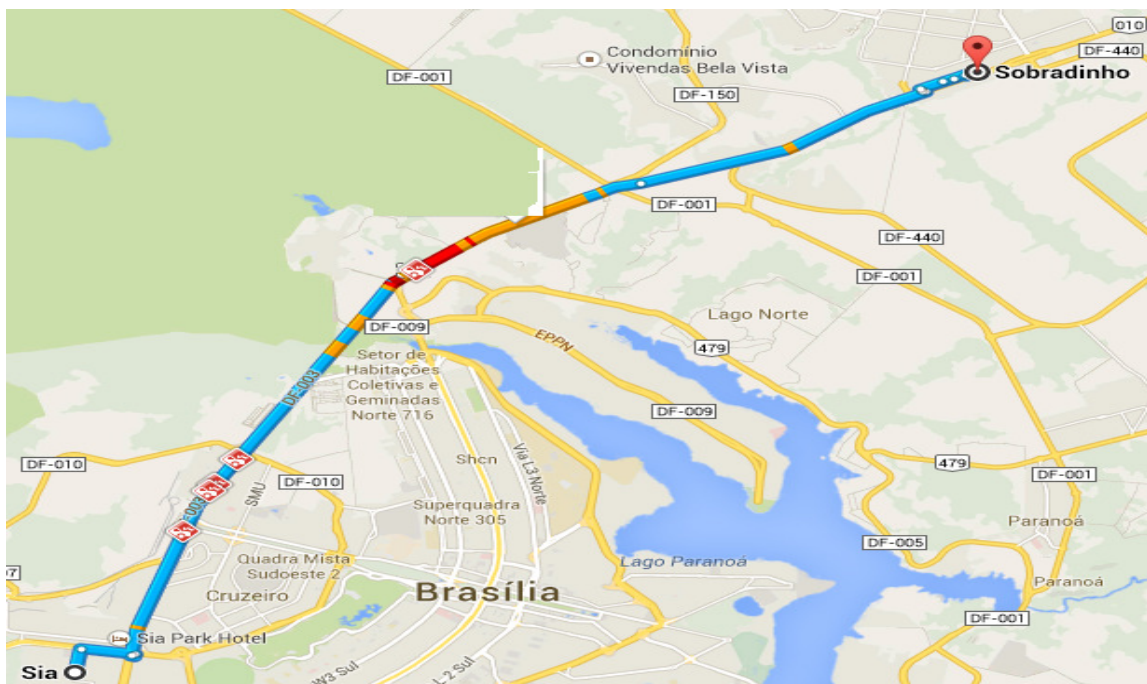
Categoria	Marca	Modelo	Ano de fabricação	Potência
Veículo pesado	Volkswagen	Tractor	2013	330

Fonte: Elaboração própria.

Os motoristas da empresa trabalham sob regime de duplas, em atendimento à Lei do Motorista. Porém, são recrutados sem considerar tempo de experiência, e não recebem nenhum tipo de treinamento em condução na empresa. A remuneração baixa é algo importante a destacar, e não há nenhum tipo de incentivo por produtividade.

Para o desenvolvimento dos testes na empresa, foram treinados 14 motoristas, em função da disponibilidade deles para o treinamento e de forma que fosse possível conciliar com sua escala de viagem. O itinerário do percurso prático de treinamento em condução é mostrado na figura 6.4

**Figura 5.4:** Trecho de treinamento prático



Fonte: Google maps.

## 6- ANÁLISE DE DADOS

A seguir, apresentam-se os dados da estruturação da fase 3 da aplicação da pesquisa.

**Quadro 6.1:** Cronograma de aplicação da fase 3

Pré-intervenção	Intervenção	Pós-intervenção
Fevereiro/2013	Março, abril e maio/2013	Julho/2013

Fonte: Elaboração própria.

Com base no cronograma descrito no Quadro 6.1, foi realizado o processo de pré-intervenção no mês de fevereiro, com a realização dos seguintes trabalhos:

**Quadro 6.2:** Resumo de aplicação da fase 3

Nº	Odômetro inicial	Remapeamento	HP atual	HP modificado	Telemetria
1	115.643	SIM	330 hp	370 hp	SIM
2	117.193	SIM	330 hp	370 hp	SIM
3	120.546	SIM	330 hp	370 hp	SIM
4	118.973	SIM	330 hp	370 hp	SIM
5	109.425	NÃO	330 hp	330 hp	SIM
6	116.929	SIM	330 hp	370 hp	SIM
7	137.475	SIM	330 hp	370 hp	SIM
8	122.450	SIM	330 hp	370 hp	SIM
9	124.098	NÃO	330 hp	330 hp	SIM
10	126.639	NÃO	330 hp	330 hp	SIM

Fonte: Elaboração própria.

Após a aplicação dos mapas e instalação dos equipamentos, conforme descrito no Quadro 7.2, foi realizado o treinamento dos motoristas.

Destaca-se aqui que os veículos de nº 5, 9 e 10 não foram remapeados. Isso foi propositalmente feito para medir o desempenho dos motoristas nesses caminhões e, assim, isolar a contribuição da capacitação dos motoristas para a redução de consumo. Ressalta-se ainda que eles não foram informados sobre quantos veículos deixaram de ser remapeados; portanto, foi realizado o teste cego.

A Tabela 6.1 mostra o resultado da primeira viagem com um caminhão totalmente integrado, ou seja, remapeado, monitorado por telemetria e com motoristas capacitados:

**Tabela 6.1:** 1ª viagem teste

Veículo	motorista	data ida	km saída	abastecimento	data retorno	km chegada	distância percorrida	abastecimento	média anterior	média atual	resultado
2	Salomão	15/02	117193	795	19/02	119306	2144	710	2,64*	3,01	14%

\*valor de referência: dezembro/13

Fonte: Elaboração própria.

Somente o resultado apontado pela integração das técnicas na primeira viagem demonstra redução no consumo de combustível de 14%, se comparado ao realizado em viagem anterior.

A Tabela 6.2 aponta o resultado de redução no consumo de combustível de 22%, se comparado ao consumo de referência.

**Tabela 6.2:** 2ª viagem teste

Veículo	motorista	data ida	km saída	abastecimento	data retorno	km chegada	distância percorrida	abastecimento	média anterior	média atual	resultado
2	Salomão	15/02	117193	795	19/02	119306	2144	710	2,64*	3,40	22%

\*valor de referência dezembro/13

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 6.3 apresenta os valores de referência utilizados para comparação:



**Tabela 6.3:** Média caminhões referência dezembro/2013







Nº	Média consumo
1	2,72
2	2,64
3	2,72
4	2,55
5	2,39
6	2,70
7	2,40
8	2,61
9	2,90
10	2,37
Média	2,60






Fonte: elaboração própria.

Como se pode observar na Tabela 6.3, a amplitude da amostra está entre 2,37 e 2,90. Isso significa uma variação de 18,27% na variação de consumo dos caminhões.

Após um mês de aplicação do método proposto neste estudo, os resultados da coleta de dados, baseado na planilha de abastecimento da empresa, apresentaram o seguinte comportamento, consolidado na Tabela 6.4:

**Tabela 6.4:** Média comparada caminhões referência dezembro/2013

Nº	Média anterior (dez/13)	Média posterior (mar/14)	Indicador
1	2,72	2,55	
2	2,64	3,3	
3	2,72	3,8	
4	2,55	3,05	
5	2,39	2,73	
6	2,7	3,1	

7	2,4	2,46	
8	2,61	2,5	
9	2,9	3,68	
10	2,37	2,15	
Média	2,6	2,92	

Fonte: elaborado pelo autor com base nas informações da empresa.

A análise dos dados do mês de março mostra melhora média de 12% na eficiência energética dos caminhões participantes. Porém, como aponta a tabela XX, houve casos em que essa redução chegou a 22%. Esse percentual de redução de consumo pode ser entendido como o ponto ótimo a ser atingido por todos os demais veículos da pesquisa. Contudo, isso não se confirmou devido a alguns fatores implícitos às condições de organização do trabalho da empresa estudada, a saber:

- Os caminhões não têm motoristas fixos, o que dificulta o levantamento dos dados de consumo de maneira consolidada.
- Como haviam veículos não remapeados no grupo, estes foram limitadores à obtenção dos potenciais máximos de redução de consumo. Porém, esse mesmo grupo, composto pelos caminhões 5, 9 e 10, apresentaram melhora média no desempenho, apontando que a capacitação dos motoristas em técnicas de condução pode melhorar o desempenho operacional e promover a redução de consumo de combustível.

## 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modo rodoviário é o mais preponderante no transporte de bens, pessoas e mercadorias no Brasil. Porém, sob o ponto de vista da eficiência energética, é o menos eficiente. Essa distorção na escolha modal, aliada ao tamanho da economia brasileira e as dimensões continentais do Brasil, faz com que o consumo de combustível no transporte de cargas seja elevado.

A Organização das Nações Unidas (ONU), em 2012, reconheceu que a fumaça emitida pelos veículos movidos a diesel é, além de poluente, potencialmente cancerígena. Então, além de prejudicial à saúde e ao meio ambiente, o consumo excessivo de combustível apresenta um cenário estratégico ruim, visto que o petróleo, apesar de abundante no pré-sal, segue valores de referência internacional, que apresentam tendência de elevação de preços.

Ao considerarmos que, atualmente, os combustíveis são a principal despesa das empresas de transporte para realizarem sua operação, maior até que a própria folha de pagamento, concluímos que controlar melhor esse centro de custo é uma obrigação estratégica e de inteligência. As empresas precisam se apropriar de ferramentas e técnicas que as permitam reduzir os custos crescentes com abastecimento, não só por competição, mas por uma questão de sobrevivência. Essas organizações, contadas em número de 150 mil, são enquadradas como prestadoras de serviço de transporte e, para esse fim, utilizam aproximadamente 2 milhões de caminhões nas suas operações nas estradas brasileiras. Como a inovação tecnológica se dá principalmente por via da indústria, no caso do setor automotivo, temos que esse contingente de veículos em circulação está à revelia desse processo.

No Brasil, a ausência da cultura de apoio à pesquisa e desenvolvimento, caminho para a inovação tecnológica, são ainda mais prejudiciais ao setor de transporte de cargas e passageiros. Composto basicamente por caminhoneiros autônomos e empresas de transporte de origem familiar, com baixa eficiência gerencial e resistentes às novas práticas de gestão, o setor se encontra com alto grau de endividamento, sem capacidade de investimento e paulatinamente sendo comprado por empresas estrangeiras com interesse em operar no mercado nacional.

Estudos demonstram que, quanto maior a idade dos caminhões, maior o custo de manutenção e de operação. Os órgãos reguladores do transporte mantêm registros preocupantes quanto à idade da frota. Portanto, a iniciativa de renovação de frota, que corre a passos lentos, deve ser adicionada por métodos de gestão técnica e operacional que diminuam as externalidades negativas da operação enquanto os veículos não são renovados, visto que, em média, os caminhões têm entre 15 e 20 anos de idade. Esse dado é ainda mais alarmante ao considerarmos que, para cada caminhão novo no mercado, há outro com mais de 30 anos de uso.

Paralelamente, a construção histórica da formação de motoristas no Brasil sempre foi precária. Isso traz consequências em número de mortos e feridos no trânsito, custos à saúde pública e antieconomias pelas perdas econômicas presentes e futuras, em função de que a maioria dos mortos são jovens em idade economicamente ativa. Como consequência para o setor de transporte, o modo rodoviário, tanto no setor de cargas quanto de passageiros, possui mão de obra com baixa qualificação, baixo salário e tendência de evasão de trabalhadores.

Essa combinação, nociva ao trabalhador, faz atualmente com que existam mais de 100 mil vagas para motoristas nas empresas. Esse cenário destoa do que encontramos no setor aéreo e naval; nesses modais, a qualificação da mão de obra gera salários mais altos, reconhecimento profissional e mais procura das pessoas por essas profissões. A educação profissional, nesses casos, exige profissionalização, estudos desenvolvidos em escolas de formação e uso intensivo de tecnologia educacional.

Os simuladores de direção, ainda em discussão quanto à sua implantação no processo de formação de motoristas, já é usado desde a década de 70 para a formação de pilotos de aeronave e capitães de embarcações de longo curso. Porém, para conduzir um caminhão, o trabalhador precisa apenas de Carteira Nacional de Habilitação em uma das três categorias profissionais, C, D e E. Não há formação profissional continuada para esses trabalhadores e, como consequência, não há progressão na carreira. Um motorista em início de vida profissional terá, ao se aposentar, a mesma formação inicial. Essa inércia cria fortes resistências à adoção de novas tecnologias no setor, pois é preciso mão de obra qualificada para operá-las. Ora, hoje um caminhão pode ser um centro de tecnologia, com sistemas de controle totalmente eletrônicos e navegação por satélite. Contudo, essa inteligência embarcada ainda é pouco utilizada para o aumento do desempenho e melhoria de

desempenho. Basta ver que, para os empresários do setor, os sistemas de rastreamento ainda são despesas obrigatórias para conseguirem grandes clientes, e não sistemas auxiliares à gestão para a redução de custos.

Identificados esses problemas, este estudo apresentou a hipótese de que a redução de consumo de combustível, necessária à redução dos custos das empresas de transporte, pode ser atingida por meio da adoção de novas tecnologias, se utilizadas sob o prisma da ecoeficiência.

Para tanto, foi necessário identificar as ferramentas que apresentavam potenciais de redução de consumo de combustível e estudar sua aplicação. Durante a prospecção desses equipamentos e softwares, produtos e aplicações, percebeu-se que os efeitos colaterais de um eram neutralizados pela aplicação do outro. Por exemplo, o remapeamento pode aumentar o consumo de combustível, pois motores mais potentes podem ser utilizados fora da faixa de rotação do motor (RPM) na qual consomem mais combustível. Entretanto, a capacitação em técnicas avançadas dá informações teóricas e práticas ao motorista para que ele tome a decisão mais eficiente, e a telemetria fiscaliza essa condução. Em suma, busca-se aliar performance e desempenho. Para que essas técnicas, desenvolvidas em outros países, sejam efetivas no Brasil, foi feito um estudo de adaptabilidade à realidade nacional. Como último vértice do tripé da eficiência, foi identificado que a telemetria pode ajudar a empresa a controlar melhor o uso dos caminhões pelo motorista na estrada. Afinal, quanto mais tempo o motor for utilizado dentro da faixa ótima de consumo, com menor número possível de acelerações bruscas e frenagens, melhor será seu desempenho sob o ponto de vista da eficiência energética.

A aplicação do método, que se deu em uma empresa de transporte rodoviário de cargas, mostrou potenciais de redução de consumo de combustível de até 22% em algumas viagens. Esse resultado pode ser o teto da performance de redução; porém, mostrou-se, ao longo do tempo, que a média de 12% obtida ao longo dos meses de aplicação do método na empresa testada é mais factível. Para garantir esses resultados, a empresa precisa considerar uma política de remuneração por metas, que mantenha os motoristas motivados e comprometidos com a obtenção dos resultados.

Para as empresas do setor, o investimento mostra grande viabilidade de retorno financeiro, com ganhos econômicos, sociais e ambientais descritos abaixo:

Econômicos: ao reduzir despesas com abastecimento, a empresa de transporte pode aumentar suas margens de lucro e, com isso, aumentar sua saúde financeira. Essa obtenção pode colaborar para sua sobrevivência em um mercado altamente competitivo, e ser utilizada como ferramenta competitiva de diferenciação. Existem ainda ganhos indiretos obtidos pela diminuição dos custos de manutenção dos veículos, pois a utilização dos motores dentro das faixas de rotação adequada, aliada à redução de acelerações e frenagens bruscas, que conservam mais outros sistemas do veículo, podem diminuir custos em longo prazo.

Sociais: desenvolver a ferramenta humana do setor, por meio de treinamento e capacitação, em técnicas avançadas de condução, é uma pequena contribuição para a criação da mentalidade de profissionalização dos motoristas do setor de transporte. Esse fator cria vínculos maiores com sua profissão e sua empresa, ao mesmo tempo que o diferencia no mercado e valoriza seu currículo, sendo fundamental para o crescimento na carreira. Na esteira desse pensamento, os gestores de frota das empresas podem ter a oportunidade de utilizar ferramentas muitas vezes disponíveis em suas empresas, notadamente rastreadores, como auxiliares no processo de controle operacional, visando à redução de custos.

Ambientais e de saúde: diminuir o consumo de combustível é diminuir diretamente a emissão de poluentes, nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Ao se reduzir a emissão de gases tóxicos provenientes da queima de combustível fóssil e de material particulado, reduzem-se os efeitos danosos provocados por eles à qualidade do ar. Essa mitigação é importante à saúde humana, se considerarmos que esses resíduos, em especial o material particulado, foi reconhecido como potencialmente cancerígeno. A aplicação deste estudo mostrou ainda outro ganho ao trabalhador em transporte: a diminuição do esforço físico para a troca de marchas e, portanto, maior preservação da saúde laboral desse profissional.

Por fim, se esse método for aplicado em larga escala, pode se tornar uma ferramenta na busca da melhoria da performance das empresas e fortalecimento do setor de transporte de cargas nacional.

#### **Limitações deste trabalho:**

Por se tratar de uma pesquisa aplicada, seria necessário acompanhar por mais tempo a pesquisa realizada na empresa de transporte, de forma a analisar o comportamento dos

motoristas, o desempenho dos caminhões e a aplicação das ferramentas de gestão, ante à diminuição dos índices de redução. O impacto das alterações propostas neste estudo na manutenção dos veículos, embora não tenha sido notado durante a realização do trabalho, precisaria ser acompanhado ao longo do tempo.

Apesar de ter obtido a confirmação da hipótese, o método proposto precisa ser testado em uma amostra maior de empresas, com frota mais diversificada, rotas alternativas e perfis de carregamento diferenciados, para que se possa afirmar com mais convicção que o método proposto é estável em todos esses casos.

### **Recomendações para trabalhos futuros:**

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, percebeu-se uma série de possibilidades de estudos que podem ser desenvolvidos, como desdobramentos de pesquisa, listados abaixo, como sugestões de trabalhos futuros:

- Recomenda-se o estudo mais aprofundado, de equipamentos que poderiam ser integrados ao estudo presente, como o estudo de materiais aerodinâmicos, pneus e materiais estruturais que permitiriam melhor desempenho.
- Estudo das técnicas de condução avançadas e de seus resultados por um período maior e em número mais expressivo de participantes.
- Desenvolvimento de controles eletrônicos de detecção de desvio de combustível do veículo durante a operação. A telemetria pode ser uma ferramenta para este fim, mas é preciso realizar intervenções eletrônicas para tornar a informação de consumo, registrada na ECU, disponível para transmissão por satélite ou GPS/GPRS.
- Aperfeiçoamento das técnicas de roteirização, visando a incluir o cálculo da eficiência energética da rota não só pela distância, mas pela possibilidade de tráfego por caminhos com consumo menor. afinal, quanto maiores forem as variações do terreno por onde a rodovia atravessa, maiores serão os gastos de combustível. Atualmente, os roteirizadores desprezam essa informação.

- Estudo da possibilidade de desenvolvimento de uma política pública, senão governamental, ao menos setorial, na qual as instituições de representação deste setor criem ferramentas com lastro financeiro para viabilizar a implantação deste método e, assim, fortalecer o setor de transporte. Este método pode compor uma política intermediária antes da renovação da frota.

- Por fim, verificou-se a possibilidade de desenvolvimento de um modelo matemático para o método proposto, aplicável a qualquer empresa de transporte, para responder a quantidade de combustível que pode ser economizada em caso de aplicação. Contudo, essa proposta precisa ser desenvolvida, modelada e testada, algo não foi desenvolvido neste trabalho.



## REFERÊNCIAS

- ÅHMAN, M. (2006) Government policy and the development of electric vehicles in Japan. *Energy Policy*, v. 34, pp. 433-443.
- ARAÚJO, M. P. S., Bandeira, R. A. M. and Campos, V. B. G. (2014) Custos e fretes praticados no transporte rodoviário de cargas: uma análise comparativa entre autônomos e empresas. *Journal of Transport Literature*, vol. 8, n. 4, pp. 187-226
- ANTT/RNTRC (2014) Dados do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga. Disponível. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília.
- ANP (2008) Evolução do mercado de combustíveis e derivados: 2000-2012. Estudo temático. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Brasília
- ARGYRIS, C. (1992) Enfrentado defesas empresariais: facilitando o aprendizado organizacional. Campus. Rio de Janeiro-RJ.
- ARTHUR, B. (1989) Competing technologies, increasing returns and lock-in by historic events. *Economics Journal* 99.116-131.
- BANDURA, A. (1986) Social foundations of thought and action. Prentice-Hall, Inc. New Jersey
- BANDURA, A.; Walters, R. H. (1963) Social learning and personality development. Holt, Rinehart and Winston. New York.
- BANDURA, A. (1969) Principles of behavior modification. Holt, Rinehart and Winston. New York.
- BARAT, J.; Vidigal, A.; Gandra, M.; Dupas, G. (2007) Logística e transporte no processo de globalização: oportunidades para o Brasil. UNESP. São Paulo – SP

- BORBA, B. (2008) Metodologia de regionalização do mercado de combustíveis alternativos no Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ.
- BRASIL (1997) Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Lei 9.503, Congresso Nacional, Brasília, DF.
- BRASIL (2003) Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de tecnologia da informação, e dá outras providências. Lei 10.664, Congresso Nacional, Brasília, DF.
- BRASIL (2004) Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação e dá outras providências. Lei 11.077, Congresso Nacional, Brasília, DF.
- BRASIL (2004) Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Lei 10.973, Congresso Nacional, Brasília, DF.
- BRASIL (2005) Dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica. Lei 11.196, Congresso Nacional, Brasília, DF
- CAMPOS, A. L. (2006) Ciência, tecnologia e economia. In. Pelaez, V., Szmrecsányi, T. Economia da Inovação Tecnológica. Editora Hucitec. São Paulo – SP.
- CASSIOLATO, J. E. (1999) A economia do conhecimento e as novas políticas industriais e tecnológicas. In. Lastres, H.; Albagli, S. Informação e globalização na era do conhecimento. Campus. Rio de Janeiro – RJ
- CEL– Centro de Estudos em Logística (2002) Transporte de cargas no Brasil: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país. Rio de Janeiro –RJ.

- CHRISTIANSEN, A. C. (2001) Technological change and the role of public policy: an analytical framework for dynamic efficiency assessments. FN Repot 4/2001. The Fridtj of Nasen Institute, 28p. Lysaker, Norway.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte (2012) 16ª Pesquisa CNT de Rodovias. CNT. Brasília - DF
- CNT – Confederação Nacional do Transporte (2014) Boletim estatístico. CNT. Brasília – DF
- CONTRAN (2004) – Conselho Nacional de Trânsito. Estabelece Normas e Procedimentos para a formação de condutores de veículos automotores e elétricos. Resolução 168. Contran. Brasília, DF.
- CONTRAN (2008) – Conselho Nacional de Trânsito. Dispõe sobre a concessão de código de marca/modelo/versão para veículos e dá outras providências. Resolução 291. Contran. Brasília, DF.
- CONTRAN (2008) – Conselho Nacional de Trânsito. Dispõe sobre modificações de veículos previstas nos arts. 98 e 106 da Lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro e dá outras providências. Resolução 292. Contran. Brasília, DF.
- CONTRAN (2010) – Conselho Nacional de Trânsito. Regulamenta o credenciamento de instituições ou entidades públicas ou privadas para o processo de capacitação, qualificação e atualização de profissionais, e de formação, qualificação, atualização e reciclagem de candidatos e condutores. Resolução 358. Contran. Brasília, DF.
- COOMBS, R.; Saviotti, P.; Walsh. (1987) Economics and technological change. Ed. Rowman & Littlefield Publishers. Maryland, Lanham.
- COWAN, R. (1996) Escaping lock-in: the case of the electric vehicle. Technology Forecasting and Social Change 53. Pp 61-80.

- CRUVINEL, R. R. S., Pinto, P. V. H. and Granemann, S. R. (2012) Mensuração econômica da emissão de CO2 da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 2, pp. 234-252.
- D'AGOSTO, M. A. ; Leal Júnior, I. C. (2012) Ações de ecoeficiência para a melhoria do desempenho no transporte rodoviário de produtos perigosos. *Revista Transportes*, vol.20, n.3, pp. 5-17.
- DIJK, M.; Yarime, M. (2010) “The emergency of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand”. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 77, pp. 1371-1390.
- DOSI, G., (1982) Technical paradigms and technological trajectories – a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* 11, 147-162.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2012) Plano Decenal de Expansão de Energia 2012/2022. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro.
- FIOL, C.; Lyles, M. A. (1985) Organizational learning. *Academy of Management Review*. v.10.
- FLEURY, M. T. L. ; Oliveira JR, M. M. (2002) *As pessoas na organização*. Ed. Gente. São Paulo –SP.
- FREEMAN, C., (1974) *The Economics of Industrial Innovation*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- FURTADO, A., (2006) “Difusão tecnológica: um debate superado?”. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec.
- GEIPOT (2002) – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Sistema de Informações do Anuário Estatístico dos Transportes. Brasília – DF Disponível

em < [www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm](http://www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm)> Acessado em 27/05/2014.

GRILICHES, Z.(1957) The hybrid corn reviseted. *Econometrica*, v. 48, pp. 1451-1462.

HILGARD, E. R. (1973) *Teorias da aprendizagem*. Ministério da Educação e Cultura. São Paulo – SP.

IEA – International Energy Agency (2013) *Technology roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. OECD Publications, Paris.

IEA – International Energy Agency (2014) *World Energy Outlook 2012*, OECD Publications, Paris.

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente (2013) *A importância da eficiência energética para redução de consumo de combustíveis e emissões no transporte de cargas e passageiros*. São Paulo – SP.

INMARSAT - *Inmarsat Annual Report and Accounts (2006)* Disponível em < [www.inmarsat.com](http://www.inmarsat.com)> Acessado em 25/01/2014.

KATZ, J. (1976). *Importación de tecnología, aprendizaje Local y Industrialización Dependiente*. Fondo de Cultura Económica, México.

LUNDEVALL, B. A. (1988) *Innovation as an interactive process: from user producer interaction to the national system of innovation*. In. DOSI, G. et al (orgs.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers; Columbia. University Press. Nova York.

MACHADO, G. Szklo, A.S, Shaeffer, R. (2006) *Cenários de Uso Final de Energia por Veículos Leves no Brasil nos Próximos 20 anos: Implicações para uma Estratégia de Desenvolvimento Energético Sustentável*. In: *anais do XI Congresso Brasileiro de energia – CBE*.

- MONICO, J. F. G. (2008) Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. Ed. UNESP. São Paulo – SP
- MOWERY, D., Rosenberg, N.(1979) The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy* 8, pp. 102–153.
- NAS - National Academy of Sciences (2010) Real prospects for Energy efficiency in the United States. National Academy Press, Washington, DC
- NELSON, R.; Winter, S. (1982) *An Evolucionary Theory of Economic Change*. Ed. Harvard University Press.
- NEMET, G. F. (2009) Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change. *Research Policy* 38, pp. 700-709.
- NONAKA, I.; Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge Creating Company*. Oxford University Press, New York.
- PESSALI, H. F., Fernádes, R. G. (2006) Inovação e Teoria da Firma. In: Pelaez, V., Szmrecsányi, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec.
- PINDYCK, R. S. Rubinfeld, D. L. (2002) *Microeconomia*. 5º edição. Ed. Pearson Education do Brasil. São Paulo.
- POSSAS, M. L. (2002) Concorrência Schumpeteriana. In: Kupfer, D. Hasenclever, L. *Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Editora Campos-Elsevier.
- QUEIROZ, S. (2006) Aprendizado Tecnológico. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.
- QUINTÃO, R. (2008). Implicações das atividades tecnológicas de subsidiárias de empresas multinacionais para a constituição de capacidades inovativas de fornecedores na indústria automotiva brasileira. Tese de Doutorado, D. Sc. UNICAMP, Campinas.

SCHMOOKLER, J., 1966. Innovation & Economic Growth. Cambridge, MA, Harvard University Press.

SCHUMPETER, J.A, 1934. The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit and the business cycle. Cambridge, MA. Harvard University Press.

SENGE, P.M. (1993) A quinta disciplina. Best Seller. São Paulo-SP.

TIGRE, P. B. (2006) Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil. Editora Elsevier. Rio de Janeiro - RJ.

UNRUH, G. C. (2000) “Understanding carbon lock-in”. Energy Policy, v. 28, 817-830.

UTTERBACK, J. M. (1996) Dominando a Dinâmica da Inovação. Qualitymark Editora, Rio de Janeiro – RJ.

WANKE, Peter Fernandes, (2010) Logística e transporte de Cargas no Brasil, 1ª Ed. São Paulo: Ed. Atlas.

VOLVO (2013) Programa Volvo de segurança no trânsito – A imagem do transporte rodoviário de cargas no Brasil. Disponível em <<http://www.pvst.com.br/noticias/destaques-na-imprensa/tecnologia-pode-eliminar-90-dos-acidentes-de-transito-dizem-especialistas>> Acessado em 17/11/2013

WITTER, G. P.; Lomônaco, J. F. B. (1984) Psicologia da aprendizagem. EPU. São Paulo – SP.