



ANÁLISE DA DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS EM
PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA FROTA DE NOVOS VEÍCULOS
LEVES NO BRASIL

Cristina Bastin Smith

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa

Alexandre Salem Szklo

Rio de Janeiro
Outubro de 2010

ANÁLISE DA DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS EM
PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA FROTA DE NOVOS
VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

Cristina Bastin Smith

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR
EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Luiz Pinguelli Rosa, D.Sc.

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

Prof. Ronaldo Balassiano, D.Sc.

Prof. Luiz Augusto Horta Nogueira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
OUTUBRO DE 2010

Bastin, Cristina

Análise da Difusão de Novas Tecnologias Automotivas em Prol da Eficiência Energética na Frota de Novos Veículos Leves no Brasil/ Cristina Bastin. – Rio de Janeiro:

UFRJ / COPPE, 2010.

XIV, 278 p.: il; 29,7 cm

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa

Alexandre Salem Szklo

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE / Programa de Planejamento Energético, 2010.

Referências Bibliográficas: p. 231-242

1. Eficiência energética veicular. 2. Inovação Tecnológica 3. Indústria Automobilística. I. Pinguelli, Luiz, *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

Dedico esta tese ao meu filho Leo, ao meu marido Matt e a minha mãe Terezinha.

Agradecimentos

Agradeço especialmente ao meu marido pelo grande apoio que me deu, cuidando do Leo nas horas em que tive que me dedicar a esta tese. Essa trajetória teria sido muito mais difícil sem você ao meu lado.

Sou muito grata ao professor Alexandre Szklo, por sua grande contribuição a este trabalho. Agradeço muito o seu incentivo, principalmente na etapa final.

Agradeço ao professor Luiz Pinguelli pela oportunidade de ingressar no Programa de Planejamento Energético, e também por suas sugestões que contribuíram para a realização desta tese.

Ao professor Roberto Schaeffer por todos os conhecimentos que me passou durante as aulas.

À minha amiga Vanessa, por sua presença e força nos últimos dias antes da defesa da tese.

Aos funcionários do Programa de Planejamento Energético. Em especial, à Sandra, pela eficiência com que sempre me atendeu.

Agradeço também à Flávia Consoni e ao Fernando Figueiredo pelas informações obtidas sobre a indústria automobilística.

Aos entrevistados das montadoras, que permitiram a conclusão da pesquisa de campo, e também aos profissionais do INMETRO, CETESB, CONPET e ANFÁVEA pelas informações sobre o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular.

Agradeço também à ANP pelo suporte financeiro durante o período do curso.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc).

ANÁLISE DA DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS EM
PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA FROTA DE NOVOS
VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

Cristina Bastin Smith

Outubro/2010

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa

Alexandre Salem Szklo

Programa: Planejamento Energético

Políticas públicas que estimulam o aumento da eficiência energética veicular através da introdução de novas tecnologias automotivas são uma alternativa para diminuir a intensidade energética e emissões atmosféricas do setor de transporte brasileiro. Com base na experiência internacional de políticas direcionadas à eficiência energética veicular, no histórico de programas governamentais que estimularam inovações automotivas e nos resultados de uma pesquisa de campo realizada com as principais montadoras instaladas no Brasil, esta tese propõe políticas públicas para induzir a inovação tecnológica na indústria automobilística brasileira.

Este estudo também avalia se o Programa de Etiquetagem Brasileiro Veicular (PBEV) é uma política eficaz para elevar a eficiência de consumo da frota de novos veículos leves, bem como induzir a introdução de tecnologias automotivas em prol da eficiência energética. Como resultado, o estudo indica que o PBEV é ainda insuficiente para acelerar o ritmo de difusão de novas tecnologias automotivas, ou conter a tendência de aumento do consumo de combustível na frota de novos veículos leves.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

ANALYSIS OF THE DIFFUSION OF NEW AUTOMOTIVE TECHNOLOGIES
FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN BRAZIL'S LIGHT VEHICLE
FLEET

Cristina Bastin Smith

October/2010

Advisors: Luiz Pinguelli Rosa

Alexandre Salem Szklo

Department: Energy Planning

Public policies that promote the increase in the energy efficiency of light vehicles through the introduction of new automotive technologies are an alternative for reducing the energy intensity and atmospheric emissions of the Brazilian transport sector. Based on the outcomes of international policies aimed at vehicle energy efficiency, the history of governmental programs that stimulated automotive innovation, and a survey conducted with Brazil's main auto makers, this thesis proposes public policies necessary to induce technological innovation in the Brazilian automobile industry.

This study also evaluates whether the current Brazilian Vehicle Labeling Program is an effective policy to both improve the energy efficiency of light vehicles and to introduce new automotive technologies in support of increased efficiency. The results of this study indicate that PBEV is still insufficient to accelerate the pace of introduction of new automotive technologies, or to contain the tendency of rising fuel consumption of new light duty vehicles sold in Brazil.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1:	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	1
1.2	OBJETIVOS DA TESE	4
1.3	METODOLOGIA DE PESQUISA	5
1.4	ESTRUTURA DA TESE	7
CAPÍTULO 2:	<i>DRIVERS DA INOVAÇÃO E DIFUSÃO TECNOLÓGICA</i>	9
2.1	INTRODUÇÃO	9
2.2	MODELOS DE INDUÇÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	15
2.2.1	MODELO TECHNOLOGY/SCIENCE-PUSH.....	15
2.2.2	MODELO DEMAND/MARKET-PULL	17
2.2.3	EFEITOS POSITIVOS DA INTERAÇÃO DOS DOIS MODELOS	18
2.2.4	APRENDIZADO E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA	18
2.3	PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA	20
2.3.1	TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA.....	20
2.3.2	RITMO DE DIFUSÃO DA TECNOLOGIA	23
2.3.3	FATORES CONDICIONANTES	25
2.4	INTERPRETAÇÕES DOS MODELOS PUSH/PULL NAS DECISÕES POLÍTICAS	27
2.4.1	TIPOS DE POLÍTICAS BASEADAS NO MODELO DE <i>DEMAND- PULL</i>	28
2.4.2	TIPOS DE POLÍTICAS BASEADAS NO MODELO <i>TECHNOLOGY- PUSH</i>	31
2.5	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	34
CAPÍTULO 3:	ANÁLISE DAS OPÇÕES TECNOLÓGICAS EM VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO	35
3.1	INTRODUÇÃO	35
3.2	TECNOLOGIAS APLICADAS NO POWERTRAIN DO CICLO OTTO CONVENCIONAL	38
3.3	TECNOLOGIAS APLICADAS NO VEÍCULO.....	42
3.4	NOVOS SISTEMAS DE PROPULSÃO DE VEÍCULOS	45
3.4.1	VEÍCULO ELETRICO A BATERIA (VE)	45
3.4.2	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS (VEH)	46
3.4.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS PLUG-IN (VEHP).....	50
3.4.4	VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO A PILHA COMBUSTÍVEL (VEHPC).....	54

3.5	POSSÍVEIS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS DOS SISTEMAS DE PROPULSÃO	56
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
CAPÍTULO 4:	PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VEICULAR.....	60
4.1	INTRODUÇÃO	60
4.2	ETAPAS DO PROCESSO DE ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	61
4.3	ANÁLISE DA EXPERIENCIA INTERNACIONAL	64
4.3.1	ESTADOS UNIDOS	64
4.3.2	UNIÃO EUROPÉIA	77
4.3.3	JAPÃO	91
4.3.4	CHINA.....	97
4.4	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	107
CAPÍTULO 5:	PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO E POLÍTICAS BASEADAS EM INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	110
5.1	PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO	110
5.1.1	TIPOS DE SISTEMA DE ETIQUETAGEM.....	111
5.1.2	TIPO, LAYOUT E CONTEÚDO DA ETIQUETA VEICULAR.....	112
5.1.3	COMPROMETIMENTO DOS FABRICANTES E VAREJISTAS	113
5.1.4	EMPENHO DO GOVERNO	114
5.2	EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE OS PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO.....	116
5.2.1	UNIÃO EUROPÉIA	116
5.2.2	ESTADOS UNIDOS.....	119
5.3	INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	124
5.3.1	UNIÃO EUROPÉIA	124
5.3.2	ESTADOS UNIDOS.....	136
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
CAPÍTULO 6:	POLÍTICAS PÚBLICAS QUE ESTIMULARAM A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL	139
6.1	EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL	139
6.2	EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE TECNOLÓGICA DAS SUBSIDIÁRIAS BRASILEIRAS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	141
6.3	DESEMPENHO ATUAL DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL	145

6.4	EXEMPLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA	150
6.4.1	CARRO A ÁLCOOL	150
6.4.2	CARRO 1.0.....	158
6.4.3	MOTOR FLEXFUEL	160
6.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	166
CAPÍTULO 7:	AVALIAÇÃO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR	169
7.1	FORMULAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PBEV	169
7.1.1	ANTECEDENTES E MARCO LEGAL	169
7.1.2	PROCEDIMENTO DE TESTE E METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO	172
7.1.3	PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	176
7.1.4	LAYOUT E CONTEÚDO DA ETIQUETA	179
7.1.5	IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA.....	181
7.1.6	CAPTURA DO REGULADOR	182
7.2	PESQUISA DE CAMPO JUNTO AS MONTADORAS	184
7.2.1	VISÃO DAS MONTADORAS SOBRE O REGULAMENTO DO PBEV	184
7.2.2	OBSTÁCULOS PARA A ADESÃO	185
7.2.3	INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS.....	187
7.2.4	LOCK-IN TECNOLÓGICO DO MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....	191
7.3	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	192
CAPÍTULO 8:	PROPOSTA DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS PARA OS VEÍCULOS LEVES NO BRASIL	198
8.1	INTRODUÇÃO	198
8.2	OBJETIVOS PROPOSTOS DAS POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	200
8.2.1	DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS INCREMENTAIS	200
8.2.2	INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS NA FROTA BRASILEIRA	202
8.2.3	CONTENÇÃO DO AUMENTO DO PESO, TAMANHO E POTÊNCIA DA FROTA DE NOVOS VEÍCULOS LEVES.	203
8.3	LIMITAÇÕES DE UM PROGRAMA DE ETIQUETAGEM	204
8.4	OPÇÕES DE POLÍTICAS BASEADAS NOS MODELOS <i>PULL/PUSH</i>	206

8.4.1	INCENTIVOS FISCAIS	207
8.4.2	TAXA ANUAL DE LICENCIAMENTO PARA VEÍCULOS EFICIENTES	209
8.4.3	LINHAS DE FINANCIAMENTO DE VEÍCULOS EFICIENTES	210
8.4.4	COMPRAS GOVERNAMENTAIS	211
8.4.5	FEEBATES	212
8.4.6	QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL	212
8.5	OPÇÃO DE POLÍTICA ENERGÉTICA BASEADA EM UM PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	213
8.5.1	RECOMENDAÇÃO DE UM PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	214
8.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	221
CAPÍTULO 9:	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	225
9.1	CONCLUSÕES	225
9.2	RECOMENDAÇÕES	229
REFERÊNCIAS.....		231
ANEXO A – QUESTIONÁRIO E RELAÇÃO DE ENTREVISTADOS		243
ANEXO B – TABELAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VEICULAR.....		247

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1: Exemplo do modelo technology-push	15
Tabela 2-2: Mecanismos que contribuem para o lock-in tecnológico	22
Tabela 3-1: Modelos de veículos híbridos que serão lançados a partir de 2010	53
Tabela 3-2: Tecnologias de caráter incremental e radical para aplicação no ciclo Otto	55
Tabela 4-1: Economia de combustível em milhas por galão (mpg) dos automóveis e comerciais leves entre 1978 a 2010	66
Tabela 4-2: Exemplos de veículos da classe CLTD	72
Tabela 4-3: Veículos flexfuel ano-modelo 2005	74
Tabela 4-4: Metas em 2016 para os vários modelos de automóveis e comerciais leves	76
Tabela 4-5: Emissões de CO ₂ da frota de novos veículos leves dos principais fabricantes na União Européia	89
Tabela 4-6: Distância do alcance da meta de várias montadoras	90
Tabela 4-7: Histórico da regulação de eficiência energética para veículos leves de passageiros	93
Tabela 5-1: Componentes do programa de informação norte-americano	120
Tabela 5-2: Valores do imposto conforme a economia de combustível	136
Tabela 6-1: Porcentagem de Mercado (quantidade de veículos novos vendidos)	145
Tabela 6-2: Habitantes por autoveículo	148
Tabela 6-3: Exemplos de mudanças tecnológicas nos modelos a álcool a partir de 1981	156
Tabela 6-4: Evolução da tecnologia flexfuel	164
Tabela 7-1: Características físico-químicas dos combustíveis	175
Tabela 7-2: Definições das categorias baseadas no uso do veículo	177
Tabela 7-3: Limite da área de cada categoria	178
Tabela 7-4: Difusão das tecnologias automotivas pesquisadas no mercado brasileiro	187
Tabela 8-1: Características do Programa de Padronização	221
Tabela 8-2: Quadro resumo das opções das medidas que elevem a eficiência energética veicular através da inovação e difusão de novas tecnologias	222

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Exemplo do modelo <i>demand-pull</i>	17
Figura 2-2: Modelo de difusão de uma tecnologia	24
Figura 3-1: Relação entre consumo de combustível (l/100km) e autonomia por litro (km/l).	36
Figura 3-2: Perdas energéticas em um veículo no ciclo estrada/urbano.....	37
Figura 3-3: Configurações dos veículos elétrico híbridos: em série (a), em paralelo (b) e em série/paralelo (c).....	50
Figura 3-4: Estado da carga em um VEHP de longo alcance (<i>extended</i>).....	52
Figura 4-1: Peso médio dos veículos domésticos e importados nos EUA.	69
Figura 4-2: Mudanças na frota norte-americana de automóveis entre 1981-2007	70
Figura 4-3: Aumento da porcentagem de mercados de comerciais leves na venda de novos veículos nos Estados Unidos	71
Figura 4-4: Metas do padrão europeu e desempenho das associações de fabricantes na União Européia	79
Figura 4-5: Características da frota de novos veículos	82
Figura 4-6: Porcentagem de veículos de passageiros a diesel no grupo E-15.....	83
Figura 4-7: Média de peso dos veículos de passageiros (diesel e gasolina).....	84
Figura 4-8: Média de peso dos veículos de passageiros a diesel e a gasolina dos fabricantes europeus.	86
Figura 4-9: Média de emissões de CO ₂ dos veículos a diesel e a gasolina das principais montadoras européias entre 1995-2003	87
Figura 4-10: Comparação entre os padrões japoneses novos e antigos.....	93
Figura 4-11: Diferença nos ciclos de condução 10-15 e JC08	94
Figura 4-12: Média do consumo de combustível (km/l) da frota de novos veículos leves de passageiros	95
Figura 4-13: Peso médio da frota total de veículos leves no Japão	96
Figura 4-14: Metas do padrão chinês em cada classe de peso.....	98
Figura 5-1: Tipos de sistemas de etiquetagem de veículos.....	112
Figura 5-2: Exemplos de etiqueta adotada na Finlândia (a) e Irlanda (b).....	117
Figura 5-3: Exemplo de etiqueta adotada no Reino Unido.....	118
Figura 5-4: Etiqueta norte-americana atual (a) e antiga (b).....	121

Figura 5-5: Tributos incidentes na compra, registro e uso dos veículos de passageiros.....	125
Figura 5-6: Emissões de CO ₂ dos novos veículos registrados na União Européia entre 1995 a 2002.....	127
Figura 5-7: Componentes do preço da gasolina (a) e do diesel (b) em vários países europeus.....	128
Figura 5-8: Preços do diesel e gasolina em alguns países da União Européia em 1995 e 2005.....	129
Figura 5-9: Exemplo de um sistema de feebates	131
Figura 6-1: Projeção da frota nacional de carros de passeio	146
Figura 6-2: Desempenho da indústria automobilística entre 2000 e 2009	147
Figura 6-3: Vendas de novos veículos por combustível (distribuição percentual).....	157
Figura 6-4: Desempenho energético médio dos veículos de 1.0 e demais veículos leves a gasolina	159
Figura 7-1: Ciclos de condução: na cidade (a) e na estrada (b).....	174
Figura 7-2: Histograma de distribuição do consumo energético	175
Figura 7-3: Modelos da etiqueta do PBEV.....	180
Figura 8-1: Previsão da frota total de veículos leves no Brasil	208

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

O modelo de desenvolvimento e expansão do setor de transporte adotado nas metrópoles brasileiras tem privilegiado a utilização do modal rodoviário, principalmente o transporte individual, visto que os grandes centros urbanos têm se desenvolvido visando atender a um número cada vez maior de veículos particulares. Esse modelo de mobilidade, associado ao contínuo aumento da frota de veículos leves no Brasil, acarreta diversas externalidades para a população. Os problemas observados em muitas cidades brasileiras incluem impactos ambientais relativos à poluição atmosférica, perda de produtividade econômica - gerando maior consumo de combustível e de recursos econômicos na construção de infra-estrutura -, maiores gastos em saúde pública e congestionamentos que representam perda da qualidade de vida dos usuários do sistema de transporte (BALASSIANO, 2004).

Atualmente, o setor de transporte no Brasil é responsável por 28,3% do consumo final de energia. O modal rodoviário responde por 92% de toda a energia consumida neste setor, e caracteriza-se pela alta representatividade no uso de derivados de petróleo, cerca de 80% do consumo de energia deste modal (MME, 2010).

Em relação à questão ambiental, considerando somente as emissões provenientes da combustão dos derivados do petróleo, o setor foi responsável por 133 MtCO₂ em 2004 (IEA, 2006).

A redução do consumo de energia no setor de transporte é uma das principais metas das políticas energéticas e ambientais estabelecidas em vários países, dado que as emissões de CO₂ nesse setor apresentam a maior taxa de crescimento entre os setores de uso final de energia. Na União Européia, por exemplo, a atividade industrial e a agrícola diminuíram suas emissões entre 1990 a 2005, enquanto o setor de transporte aumentou suas emissões em 26% no mesmo período (EC, 2007).

Neste sentido, políticas que estimulam a eficiência energética em veículos leves foram adotadas por diferentes países visando à redução, tanto do consumo de

combustível, quanto de emissões de CO₂. Dentre as várias alternativas¹ de políticas que visam à redução do consumo de energia no modal rodoviário, três merecem destaque: a regulamentação de padrões de eficiência energética veicular, os programas de etiquetagem e o uso de instrumentos de mercado que incentivam a fabricação e compra de veículos mais eficientes.

O Brasil, assim como outros países emergentes, apresenta a tendência de um considerável crescimento da frota de veículos leves. Conforme o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2008), a frota mundial de carros de passeio deverá aumentar de 650 milhões em 2005 para 1.4 bilhões de veículos em 2030, sendo que a maior parte desse crescimento ocorrerá nos países em desenvolvimento, principalmente China, Índia e Brasil. Enquanto vários países da União Européia, os Estados Unidos e o Japão apresentam queda nas vendas internas de veículos desde 2005, o Brasil apresentou um significativo crescimento de vendas, cerca de 16% ao ano entre 2003 a 2009 (ANFAVEA, 2010; EPE, 2009). Segundo a projeção da IEA (2006), a quantidade de veículos em circulação no Brasil poderá triplicar entre 2005 a 2030.

O movimento de expansão da produção e vendas para o mercado doméstico brasileiro tem sido impulsionado por vários fatores, tais como a estabilização macroeconômica, o aumento da renda disponível da população e a crescente oferta de crédito para a compra de veículos. Conforme a ANFAVEA (2009), entre 2005 a 2008, o país subiu três posições no ranking mundial de produtores de veículos, de 9º lugar para o 6º. No licenciamento de veículos, o desempenho também foi expressivo, com a transição do 8º para o 5º lugar.

O capítulo 6 desta tese mostra que, além da expansão do número de automóveis em circulação, outras três características da nova frota reforçam a necessidade de um esforço maior do governo brasileiro no que diz respeito à eficiência energética veicular.

¹ Cabe ressaltar que existem outras abordagens que podem ser eficazes para reduzir o consumo de combustível no setor de transporte rodoviário. Elas incluem restrições impostas à circulação de veículos, expansão da oferta de transporte público, um melhor gerenciamento do tráfego de veículos, a adoção de programas de inspeção e manutenção de veículos, entre outras.

A primeira característica refere-se à mudança do perfil da frota na direção de automóveis com maior potência e torque nos últimos anos (BORBA, 2008). O capítulo 6 mostra que o desenvolvimento tecnológico dos veículos 1.0 no Brasil tem sido direcionado para atender a demanda do consumidor por veículos que apresentem maior aceleração.

A segunda característica consiste na baixa eficiência energética do veículo flexfuel, que não aproveita integralmente as vantagens do uso do etanol, tais como a maior octanagem deste combustível que propicia um melhor rendimento termodinâmico do motor.

A terceira característica compreende o hiato tecnológico entre a frota brasileira e dos mercados avançados, visto que a indústria automobilística vem introduzindo uma série de novas tecnologias automotivas incrementais e avançadas, como se vê no desenvolvimento de projetos de veículos com novos sistemas de propulsão em vários países.

Diante das perspectivas de crescimento da frota brasileira de veículos leves, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que analisem políticas direcionadas ao aumento da eficiência energética veicular, em decorrência das graves externalidades que as emissões de poluentes acarretam à saúde da população nas metrópoles brasileiras. A escolha de um conjunto de políticas que acelerem a introdução de novas tecnologias na nova frota brasileira de veículos é uma forma de diminuir a intensidade energética e emissões atmosféricas do setor de transporte.

Neste sentido, esta tese propõe políticas energéticas que estimulem o desenvolvimento tecnológico dos veículos leves no Brasil, à luz dos modelos de inovação de *demand-pull* e *technology-push* que são estudados no capítulo 2. A fim de identificar os tipos adequados de políticas para o caso brasileiro, quatro temas relacionados à inovação tecnológica na indústria automobilística são analisados nos capítulos posteriores.

Primeiramente são analisadas as opções tecnológicas de caráter incremental e radical que podem ser aplicadas nos veículos leves do ciclo Otto. O propósito desta análise é avaliar o potencial de aumento da eficiência energética de cada tecnologia, bem como selecionar as tecnologias que irão fazer parte da pesquisa de campo com as oito maiores montadoras do país.

Em seguida, analisa-se detalhadamente a experiência internacional em padrões de eficiência energética instituídos nos maiores mercados automotivos do mundo: Estados Unidos, Japão, China e União Européia, que representaram em 2009 aproximadamente 80% das vendas mundiais de veículos leves (ANFAVEA, 2010). Os programas de etiquetagem e outros mecanismos de mercado, adotados na União Européia e Estados Unidos, são descritos no capítulo 5. Ambos os instrumentos têm como principal propósito influenciar a mudança no comportamento do consumidor. Por último, os impactos de programas governamentais no desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística são analisados no capítulo 6. Foram analisadas três inovações incrementais que trouxeram grandes mudanças ao mercado automotivo brasileiro: o carro a álcool, o carro 1.0 e o motor flexfuel.

A partir das análises mencionadas acima, busca-se validar as duas hipóteses desta tese. A primeira hipótese é verificada no capítulo 7, e refere-se à necessidade de revisão do regulamento do programa de etiquetagem brasileiro veicular (PBEV) para que este cumpra o seu propósito: elevar a eficiência energética dos veículos leves do ciclo Otto no Brasil.

A segunda hipótese refere-se à limitação de um programa de etiquetagem para acelerar o ritmo de difusão de novas tecnologias automotivas. Após testar estas hipóteses, pode-se ter maior clareza da necessidade do estabelecimento de outras medidas de eficiência energética veicular que podem reforçar e complementar um programa de etiquetagem.

1.2 OBJETIVOS DA TESE

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o processo de inovação e difusão de novas tecnologias automotivas na frota de veículos leves de passeio e, a partir dessa avaliação, propor políticas de promoção de eficiência energética veicular, enfatizando o estudo de caso do Brasil.

Como objetivos específicos do trabalho:

- Verificar se o programa brasileiro de etiquetagem veicular (PBEV) foi elaborado adequadamente para aumentar a eficiência energética da frota dos novos veículos leves.
- Identificar as virtudes e falhas do PBEV através da avaliação de seu regulamento e das entrevistas realizadas com as montadoras e instituições que participaram da formulação do programa. A partir destas análises, são apontados os aprimoramentos que podem ser feitos em uma futura revisão do programa
- Investigar se o PBEV pode induzir a introdução de novas tecnologias de caráter incremental e radical na frota brasileira.
- Contribuir para o desenvolvimento de um programa de padronização escolha de um padrão de eficiência energética para o Brasil.
- Identificar as principais oportunidades dos programas estrangeiros que contribuam para o desenvolvimento de um programa de eficiência energética no mercado automotivo brasileiro.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Foram utilizados neste trabalho dois métodos de pesquisa: a revisão da literatura sobre um conjunto de temas relacionados à eficiência energética veicular e uma pesquisa de campo com os principais fabricantes de automóveis no País. Para complementar o estudo qualitativo dos dados obtidos a partir das entrevistas com as montadoras, foram também entrevistados os integrantes das instituições que formularam o PBEV.

A revisão bibliográfica foi feita em quatro etapas. A primeira consistiu na identificação do referencial teórico apropriado para realizar as análises no decorrer deste trabalho. Na segunda etapa foi feito o levantamento das novas tecnologias automotivas que podem aumentar a eficiência energética da frota de veículos leves do ciclo Otto. O levantamento das opções tecnológicas de caráter avançado e incremental teve como objetivo a seleção de algumas destas tecnologias para a realização da pesquisa de campo junto às montadoras.

Em seguida, foram identificadas na literatura as políticas energéticas aplicadas em vários países com o objetivo de aumentar a eficiência de consumo da frota, bem como a redução de emissões específicas de CO₂. A análise da experiência internacional em programas de informação, instrumentos de mercado e padrões de eficiência energética contribuiu para a identificação das políticas apropriadas para o caso brasileiro.

Na quarta etapa da pesquisa bibliográfica foram identificados os eventos inovativos que ocorreram na indústria automobilística no Brasil a partir da introdução de programas governamentais.

O segundo método de pesquisa compreendeu a pesquisa de campo realizada com os fabricantes de automóveis e com as instituições que formularam o programa de etiquetagem veicular. A pesquisa de campo junto às montadoras consistiu no envio de um questionário e doze entrevistas com representantes das áreas de certificação e/ou engenharia da Fiat, Volkswagen, General Motors, Ford, PSA, Renault, Honda e Toyota. O questionário buscou investigar várias questões referentes à efetividade do PBEV como uma política pública indutora do aumento da eficiência energética veicular, tais como: o impacto no desenvolvimento tecnológico de algum modelo ou componente automotivo, as tecnologias que podem ser difundidas na frota no curto prazo, as perspectivas de introdução do veículo híbrido no Brasil, os motivos para a pouca adesão das empresas ao programa, a visão das montadoras sobre o regulamento do PBEV. Durante as entrevistas, foi possível aprofundar as indagações do questionário e obter outras informações sobre quais políticas poderiam ser implementadas para estimular a introdução de novas tecnologias na nova frota brasileira.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

A tese está organizada em nove capítulos que se desenvolvem conforme descrito a seguir.

O capítulo 1 apresenta a relevância do tema da tese e define os objetivos da pesquisa, a metodologia empregada e a organização do trabalho.

No capítulo 2, à luz dos estudos desenvolvidos por autores neo-schumpterianos ou evolucionistas, avaliam-se os principais conceitos da teoria evolucionista, que se destaca como o referencial teórico mais apropriado para o desenvolvimento das análises que serão feitas no decorrer dos capítulos.

No capítulo 3, analisam-se as opções tecnológicas de caráter incremental e radical voltadas para o *powertrain*² e estrutura do veículo do ciclo Otto, que poderão ser aplicadas na frota brasileira de novos veículos leves pela indústria automobilística brasileira.

O capítulo 4 apresenta a experiência internacional na introdução de padrões de eficiência energética. São analisados os padrões de eficiência energética estabelecidos nos Estados Unidos, União Européia, Japão e China.

O capítulo 5 apresenta as ações dos governos europeus e norte-americano em prol da diminuição da intensidade energética nos veículos leves através de programas de informação e medidas baseadas em instrumentos econômicos.

O capítulo 6 mostra a resposta da indústria automobilística aos programas governamentais que estimularam a inovação tecnológica no Brasil nos últimos 35 anos. São descritas as políticas que disseminaram três inovações incrementais no setor automotivo: o carro a álcool, o desenvolvimento tecnológico do carro 1.0 e o motor flexfuel.

O capítulo 7 avalia o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) com base no seu regulamento e nas entrevistas com as montadoras e representantes das quatro principais instituições que formularam o programa: INMETRO, ANFAVEA,

²*Powertrain* é definido como todos os subsistemas necessários para produzir potência e transmiti-la às rodas (KASSERIS, 2006).

CONPET e CETESB. Em seguida, analisa-se se o PBEV induzirá a aplicação de novas tecnologias na frota brasileira visando o aumento da eficiência energética.

O capítulo 8 indica um conjunto de políticas energéticas visando promover a redução do consumo de combustível nos veículos leves e introdução de novas tecnologias na frota, com base nos instrumentos de *demand-pull* e *technology-push* estudados no capítulo 2.

O capítulo 9 finaliza o trabalho levantando as conclusões da tese e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2: DRIVERS DA INOVAÇÃO E DIFUSÃO TECNOLÓGICA

Neste capítulo, serão apresentadas as referências teóricas que, nesta tese, fundamentam a análise da escolha de políticas públicas que podem estimular a inovação e a difusão tecnológica na indústria automobilística visando o aumento da eficiência energética dos veículos leves no Brasil.

À luz dos estudos desenvolvidos por autores neo-schumpeterianos ou evolucionistas, são descritos os principais conceitos da teoria evolucionista, que se destaca como o referencial teórico mais apropriado para o desenvolvimento das análises que serão feitas no decorrer dos capítulos da tese.

Inicialmente o capítulo apresenta os princípios básicos da teoria evolucionista. Em seguida são descritos os modelos de indução da inovação tecnológica mais aplicados na literatura da Economia da Inovação. Os aspectos relevantes da difusão tecnológica também são apresentados neste capítulo, na medida em que ajudam a compreender as causas da difusão e perpetuação do padrão atual de motor a combustão interna. Por fim, são identificados os tipos de ações governamentais baseados nos modelos de indução da inovação, os quais serão recomendados e analisados nos capítulos finais desta tese.

2.1 INTRODUÇÃO

O estudo da inovação tecnológica tem assumido uma importância cada vez maior nos últimos anos, como um instrumento fundamental para aumentar a competitividade e produtividade das organizações, bem como estimular o desenvolvimento econômico dos países (TIGRE, 2006). Entretanto, até meados do século passado o estudo da inovação tecnológica foi negligenciado pela análise econômica ortodoxa. Os modelos neoclássicos tradicionais consideravam o progresso técnico exógeno ao sistema econômico, não sendo uma variável de

decisão dos agentes do sistema. No modelo neoclássico da função de produção³, as possibilidades tecnológicas encontram-se facilmente disponíveis no mercado através do conhecimento incorporado pelos trabalhadores ou pela aquisição de bens de capital. A tecnologia é, assim, definida como uma combinação particular dos fatores de produção, geralmente capital e trabalho, e percebida como um bem público não rival e não exclusivo⁴. A firma assume uma conceituação demasiadamente simples e passiva, cujas funções se resumem a transformar fatores de produção em bens e produtos (TIGRE, 2006). Os comportamentos das empresas são idênticos e não há espaço para estratégias diferenciadas (CAMPOS, 2006).

Os pressupostos da teoria neoclássica⁵ compreendem situações compatíveis com o contexto histórico da empresa industrial do século XIX, que apresentava o perfil de empresa de pequeno porte com grandes dificuldades institucionais, tecnológicas e organizacionais (TIGRE, 2006). As inovações de base tecno-científica que ocorreram ao longo do século XIX e início do século XX desencadearam novas infra-estruturas⁶ que facilitaram o surgimento da grande empresa industrial no começo do século XX. Assim, as teorias econômicas precisaram evoluir gradualmente para acompanhar um novo processo concorrencial (CAMPOS, 2006).

Somente após a Segunda Guerra Mundial, as idéias de Joseph Schumpeter acerca da inovação tecnológica como insumo determinante da competitividade e desenvolvimento econômico, começaram a se propagar por autores neoschumpeterianos e evolucionistas, reformulando a teoria do crescimento econômico ao incorporar endogenamente a mudança tecnológica.

Schumpeter considera que a concorrência apresenta um caráter dinâmico, na medida em que a evolução da economia capitalista é vista ao longo do tempo e baseada num processo ininterrupto de introdução e difusão de inovações. Desta forma, as empresas buscam a diferenciação em vista da obtenção de vantagens competitivas

³ A função de produção mais conhecida $Y = f(L, K)$ representa simbolicamente a relação entre as quantidades de trabalho (L) e capital (K) empregados pela firma e a quantidade de produto (Y) que resulta da combinação deles.

⁴ O seu uso por um agente econômico não exclui a possibilidade de uso por outros agentes, bem como a sua propriedade não pode ser atribuída como um direito exclusivo a um único agente (HIGACHI, 2006).

⁵ As premissas básicas da abordagem neoclássica da firma são: a demanda e oferta estão em perfeito equilíbrio, a firma elabora um produto homogêneo, a firma tem perfeita informação sobre os insumos e produtos, a firma é tomadora de preços, a firma é gerenciada pelos próprios donos e o objetivo da firma é a maximização dos lucros (COOMBS et al, 1987).

⁶ Expansão da eletrificação no setor industrial, desenvolvimento da telefonia, rede de transportes, entre outros.

que proporcionam a apropriação de lucros de monopólio, mesmo que temporários e restritos a segmentos específicos de mercado (POSSAS, 2002).

Segundo Schumpeter, o modelo de uma economia estacionária se revela insuficiente toda a vez que surgem mudanças ou descontinuidades das situações de equilíbrio preexistente. Tais mudanças acontecem com o aparecimento de novos produtos ou novas formas de produzi-los e/ou de comercializá-los, a partir de novas combinações dos fatores existentes (POSSAS, 2002).

Com base nos estudos de Schumpeter, Penrose e Simon, os autores Nelson e Winter publicaram em 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, considerado um marco teórico para a construção da teoria evolucionista. Estes autores analisam a firma como um conjunto de competências incorporadas em suas rotinas. As rotinas representam o conjunto de técnicas e processos organizacionais que caracterizam o modo pelo qual os bens e serviços são produzidos, desde as atividades cotidianas até as atividades inovativas (PESSALI e FERNÁNDEZ, 2006).

O modelo de seleção de Nelson e Winter torna o progresso técnico endógeno ao sistema econômico e se distancia dos modelos neoclássicos⁷, ao descartar as principais hipóteses básicas do pensamento econômico convencional. A teoria evolucionista desenvolvida por NELSON e WINTER (1982), e também por FREEMAN (1974) e outros economistas neo-schumpeterianos⁸ engloba os seguintes princípios:

Conceito de Paradigma tecnológico

A partir da identificação das transformações sócio-econômicas promovidas pelo chamado novo paradigma técnico-econômico⁹, os autores neo-schumpeterianos como Freeman e Dosi retomaram as idéias de Schumpeter sobre os ciclos econômicos, relacionando a difusão de inovações aos movimentos cíclicos da economia e ao grau de mudança que a inovação ocasiona em relação ao cenário anterior, bem como aos impactos futuros que estas inovações podem ocasionar na economia.

⁷ Como o modelo de crescimento econômico de Solow e o modelo de incitação de Arrow. Para maior detalhamento deste assunto vide COOMBS et al (1987).

⁸ PEREZ (1983), DOSI (1982).

⁹ O conceito de Paradigma Tecno-Econômico (PTE) foi introduzido por autores como DOSI (1982), FREEMAN (1982) e PEREZ (1983), para explicar as diferentes dinâmicas e padrões de geração, uso e difusão de tecnologias (LASTRES E FERRAZ, 1999).

A tipologia de classificação da mudança tecnológica proposta por FREEMAN (1994), apresenta uma seqüência evolutiva do processo de inovação e difusão conforme o grau de impacto na sociedade. As quatro fases propostas por este autor são: as inovações incrementais, inovações radicais, sistema tecnológico e paradigma tecno-econômico.

As inovações incrementais são pequenas melhorias nos produtos, processos ou formas organizacionais existentes que resultam da acumulação de conhecimento tecnológico. Elas freqüentemente ocorrem de forma contínua em uma indústria e não se originam necessariamente de atividades de P&D, sendo geralmente resultantes do processo de aprendizado interno e da capacitação acumulada da empresa. Já as inovações radicais representam a introdução de um novo produto, processo ou forma de organização da produção inteiramente nova, que pode originar uma ruptura estrutural com o padrão tecnológico anterior, originando novas indústrias, setores ou mercados. Algumas inovações radicais já alteraram o perfil da economia mundial, tais como a máquina a vapor, no final do século XVIII, ou o desenvolvimento da microeletrônica a partir da década de 50 (TIGRE, 2006). Segundo FREEMAN (1997), estas e algumas outras inovações radicais impulsionaram a formação de padrões de crescimento, com a conformação de paradigmas tecno-econômicos.

O conceito de novo sistema tecnológico abrange as combinações de várias inovações, com ramificações em diferentes setores econômicos. Segundo TIGRE (2006), o novo sistema tecnológico é considerado o estágio em que um setor ou grupo de setores é transformado pela emergência de um novo campo tecnológico. Tais inovações são acompanhadas de mudanças organizacionais tanto no interior da firma quanto em relação ao mercado. UNRUH (2000) considera que o sistema tecnológico apresenta uma natureza de diversos níveis. O sistema de transporte automotivo, por exemplo, é composto por vários setores interligados tais como o automotivo, refino e distribuição de combustível, construção de rodovias, e tantos outros, gerenciados por uma série de instituições públicas e privadas. Entretanto, o automóvel também pode ser considerado um complexo sistema tecnológico composto de por numerosos subsistemas e componentes.

O último estágio dessa seqüência evolutiva consiste no novo paradigma tecno-econômico¹⁰, considerado como o resultado do processo de seleção de uma série de combinações viáveis de inovações (técnicas, organizacionais e institucionais), provocando transformações que permeiam todo o sistema sócio-econômico e exercendo importante influência no comportamento do mesmo. Cada novo paradigma traz combinações de vantagens técnicas, políticas, econômicas, tornando-se o estilo dominante durante uma longa fase de crescimento econômico (LASTRES E FERRAZ, 1999).

Dinâmica das inovações tecnológicas

A teoria evolucionista destaca as propriedades dinâmicas dos sistemas econômicos marcados por incessantes inovações de produto, processos produtivos e formas organizacionais (ALMEIDA, 1998).

Baseado no estudo de SCHUMPETER (1934), o Manual de Oslo¹¹ define os três tipos mais freqüentes de inovação tecnológica: a inovação de produto, de processo e organizacional.

A definição de inovação de produto consiste na implantação/comercialização de um produto com características de desempenho aperfeiçoadas de modo a fornecer ao consumidor serviços novos ou aprimorados.

A inovação tecnológica de processo é definida como a adoção de métodos de produção novos ou significativamente melhorados, incluindo métodos de entrega dos produtos. Estes métodos podem abranger mudanças no equipamento ou na

¹⁰ O surgimento do paradigma das tecnologias de informação e comunicação (TICs) é um exemplo de novo paradigma técnico-econômico, que aconteceu com o esgotamento do modelo de produção fordista-taylorista, baseado no intensivo uso de energia e materiais e excessiva ênfase na especialização do trabalho e na produção em massa fundamentada nas grandes corporações. A ocorrência da primeira crise do petróleo em 1973 desacelerou o ritmo de crescimento mundial que ocorria desde a Segunda Guerra, comprovando a insustentabilidade do modelo de crescimento baseado no consumo crescente de materiais e energia; e por fim, a ascensão das TICs promoveu mudanças significativas na forma de organização das empresas e nos padrões de produção e distribuição de bens e serviços. A invenção do transistor em 1947, e posteriormente do circuito integrado, gerou uma crescente onda de inovações potencializada pela Internet durante os anos 90, possibilitando uma radical ruptura no processo de troca de informações entre os atores individuais e coletivos (TIGRE 2006).

¹¹ O Manual de Oslo é uma das referências mais utilizadas para analisar o processo de inovação e difusão de tecnologias, o qual estabelece conceitos, definições e metodologias sobre o processo de inovação, bem como apresenta diretrizes para o desenvolvimento de indicadores comparáveis e definição de políticas de inovação nos países da OCDE.

organização da produção, ou uma combinação dessas mudanças, bem como podem derivar do uso de um novo conhecimento.

As inovações organizacionais referem-se às mudanças que ocorrem na estrutura gerencial da empresa, na implantação de técnicas de gerenciamento avançado e na implantação de novas orientações estratégicas.

Negação do comportamento maximizador dos agentes econômicos

O princípio neoclássico de maximização supõe um perfeito conhecimento do mercado pelos agentes econômicos. Os evolucionistas descartam este pressuposto em favor da noção de rotinas e aprendizado.

As escolhas das empresas não são baseadas numa racionalidade maximizadora conforme propõe a teoria neoclássica, mas sim por rotinas que coordenam a sua atividade interna, baseadas no conhecimento obtido pela empresa ao longo de sua existência. Esta visão destaca o papel das competências tecnológicas (LA ROVERE, 2006).

Ambiente e seleção

Uma característica central desta teoria consiste no processo de seleção das firmas, que ocorre em analogia com a biologia evolutiva de Darwin. Como na biologia, as alterações na taxa de crescimento da entidade ou organização, tanto para adversidade quanto para a prosperidade, estão relacionadas aos seus “genes”, que correspondem às rotinas de uma empresa (PESSALLI e FERNANDEZ, 2006).

Dependência da trajetória

As empresas têm um processo de desenvolvimento tecnológico que é condicionado pelas escolhas que fizeram no passado. Os evolucionistas consideram a incorporação de mudanças estruturais contínuas dos sistemas econômicos, bem como a ocorrência de múltiplas trajetórias, dependentes de condições históricas existentes, e não apenas uma única trajetória predeterminada por forças de equilíbrio de longo prazo (ALMEIDA, 1998; TIGRE, 2006).

2.2 MODELOS DE INDUÇÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Os trabalhos de SCHUMPETER (1934) e SCHMOOKLER (1966) foram fundamentais para a elaboração dos modelos de indução da inovação. Ambos os autores consideram a mudança tecnológica um componente essencial do desenvolvimento econômico, embora tenham desenvolvido diferentes explicações sobre o seu processo de indução. As próximas seções descrevem os modelos de inovação baseados nas idéias destes dois autores.

2.2.1 MODELO TECHNOLOGY/SCIENCE-PUSH

O grande êxito da pesquisa básica para o desenvolvimento tecnológico durante a Segunda Guerra Mundial deu ênfase a 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 nesta época era baseado em um modelo linear de inovação, também conhecido na literatura como *technology-push*, o qual consiste de uma seqüência de etapas que se iniciam com pesquisa básica¹² e terminam na venda do produto no mercado.

Tabela 2-1: Exemplo do modelo technology-push

Etapas	Pesquisa básica	Pesquisa aplicada	Desenvolvimento tecnológico	Produção
Risco econômico	Alto	Intermediário	Intermediário	Baixo
Escala	Laboratório	Laboratório	Protótipo	Grande escala

Fonte: CAMPOS (2006).

¹² A pesquisa básica refere-se ao trabalho científico de caráter teórico ou experimental, que visa contribuir de forma original ou incremental para a compreensão sobre os fatos e fenômenos observáveis, teorias, sem ter em vista aplicação específica imediata. A pesquisa aplicada é similar à básica, porém tem como objetivo a obtenção de resultados com finalidades práticas e específicas (CAMPOS, 2006).

O modelo linear da inovação data dos primeiros trabalhos de Schumpeter¹³, que retratou a tipologia do ciclo de vida da mudança tecnológica em termos dos estágios de invenção, inovação e difusão (CHRISTIANSEN, 2001). A invenção relaciona-se a criação de produtos, técnicas ou processos não existentes anteriormente, sem necessariamente serem lançados no mercado com sucesso comercial. A inovação caracteriza-se 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 idéia 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. Neste 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 a crescente institucionalização da pesquisa e 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). Estes autores consideram a disponibilidade de exploração das oportunidades tecnológicas de cada indústria, a importância do fluxo de conhecimento entre os setores industriais, 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 destas

¹³ Referente ao livro *Teoria do Desenvolvimento Econômico*, publicado pela primeira vez em 1911.

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).

2.2.2 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 final do século XIX e a primeira metade do século XX, permitiram que este autor 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 das 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 idéias que direciona a pesquisa e desenvolvimento, de acordo com a seqüência de etapas da figura 2.1.



Figura 2-1: Exemplo do modelo *demand-pull*

Fonte: COOMBS et al (1987).

2.2.3 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 um 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 deste ciclo (CHRISTIANSEN, 2001). Esta visão também é consonante com UTTERBACK (1996), o qual 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 estes 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 condição necessária, mas não suficiente para a inovação acontecer. Ambos os modelos têm que co-existir, além da existência de uma gama de outros estímulos importantes no processo de inovação, tais como os processos de aprendizado dentro de uma organização.

2.2.4 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 também 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 idéia de um “processo pelo qual um determinado agente – freqüentemente, a empresa – acumula habilidades e conhecimento, e cujo resultado fundamental é um aperfeiçoamento contínuo da tecnologia, com conseqüentes 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 constituiu 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*), o aprender pela adaptação (*learning-by-adapting*), entre outros (QUEIROZ, 2006).

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

A noção de aprender interagindo foi proposta por LUNDVALL (1988) que analisa a mudança tecnológica como o resultado de processos inter-organizacionais, através da interação entre produtores, fornecedores e usuários. Para este autor, a participação do cliente ou usuário na definição do produto, ou seja, o co-desenvolvimento 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 replicados nas mesmas condições dos países de origem. Exemplos de aprendizado adaptativo compreendem a modificação de matéria prima em determinados processos e produtos para adequar 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 a 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.

2.3 PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA

Segundo o Manual de Oslo, a difusão tecnológica é definida 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” (OSLO MANUAL, 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 a 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 estes 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 será analisado nesta tese a partir da trajetória tecnológica; do ritmo ou velocidade de difusão das inovações e dos fatores condicionantes técnicos, econômicos e institucionais.

2.3.1 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 oportunidades ou alternativas.

Porém, nem sempre se pode prever o desenvolvimento de uma determinada tecnologia muitos passos à frente. Uma tecnologia promissora hoje poderá resultar problemática tempos depois, ou provocar efeitos indesejáveis. Um exemplo é a utilização da combustão fóssil em larga escala e por um longo período, responsável hoje por níveis de emissões indesejáveis de CO₂ e outros poluentes na atmosfera (PESSALI e FERNANDES, 2006).

Para ARTHUR (1989), o desenvolvimento tecnológico posterior é dependente do anterior. Tal efeito foi denominado por este autor como *path dependence* (dependência do caminho), e relaciona-se ao fato de que, quanto mais se investe num padrão tecnológico, mais difícil se torna a passagem para um padrão alternativo, pois esta transição tende a ser cada vez mais custosa à medida que a tecnologia escolhida for sendo desenvolvida (PESSALI e FERNANDES, 2006). Assim, uma tecnologia pode dominar por um longo período inibindo o desenvolvimento e a introdução de tecnologias alternativas, mesmo que estas sejam superiores em vários aspectos. Isso ocorre porque o desenvolvimento tecnológico é um processo demorado de investigação, no qual a incerteza é grande, e consiste de uma trajetória de aprendizado na quais adaptações são realizadas constantemente com o intuito de ajustar a tecnologia a um determinado meio social.

Esse fenômeno é chamado de *lock-in*, ou “trancamento” tecnológico¹⁴. Nesta situação, os usuários não têm motivação de trocar de tecnologia porque investiram capital e tempo no aprendizado da tecnologia dominante, bem como os fabricantes se beneficiam das economias de escala e dos investimentos em P&D. Desta forma, projetos dominantes inferiores tornam-se *locked-in* através de um processo dependente do caminho em que o tempo, a estratégia e a circunstância histórica determinam a tecnologia dominante.

Contudo, o *lock-in* tecnológico não é conceituado como uma condição permanente, mas sim um estado persistente que cria um mercado cativo e políticas que dificultam a adoção de tecnologias alternativas (UNRUH, 2000).

Segundo UTTERBACK (1996), um projeto dominante, em uma classe de produto, é definido como aquele que adquire a fidelidade do mercado, e que os demais concorrentes precisam adotar para terem uma parcela significativa do mercado no

¹⁴ Alguns exemplos desse “trancamento” tecnológico foram vistos no teclado QWERTY e na tecnologia de vídeo cassete VHS (DAVID, 1985).

futuro. Um projeto dominante tem o efeito de consolidar ou encorajar a padronização, de forma que a produção possa ser aprimorada e outras economias complementares possam ser alcançadas. Isso ocorre porque as tecnologias podem manifestar crescentes retornos durante seu desenvolvimento e comercialização, acelerando otimizações em seu uso em comparação às variantes competidoras.

Cinco classes de retornos crescentes contribuem para o *lock-in* tecnológico: as economias de escala, as economias de escopo, as economias de aprendizado, as economias de rede e as economias pecuniárias.

A mais conhecida dentre estes 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 através da produção e da experiência de mercado, enquanto as economias de rede emergem devido às inter-relações entre os sistemas tecnológicos e os usuários. A tabela 2-2 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.

Tabela 2-2: Mecanismos que contribuem para o lock-in 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 da tecnologia por outros usuários
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): *lock-in* gerado pelo consumidor e 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), ou que apresentam 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 desta regulação, as montadoras japonesas Toyota, Nissan e Honda realizaram consideráveis avanços no desenvolvimento de veículos elétricos.

2.3.2 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, através de seu estudo de difusão da adoção de novas variedades de milho híbrido na agricultura norte-americana.

O modelo epidemiológico¹⁵ 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, que 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 fases¹⁶: introdução, crescimento, maturação e declínio, como mostra a figura 2.2.

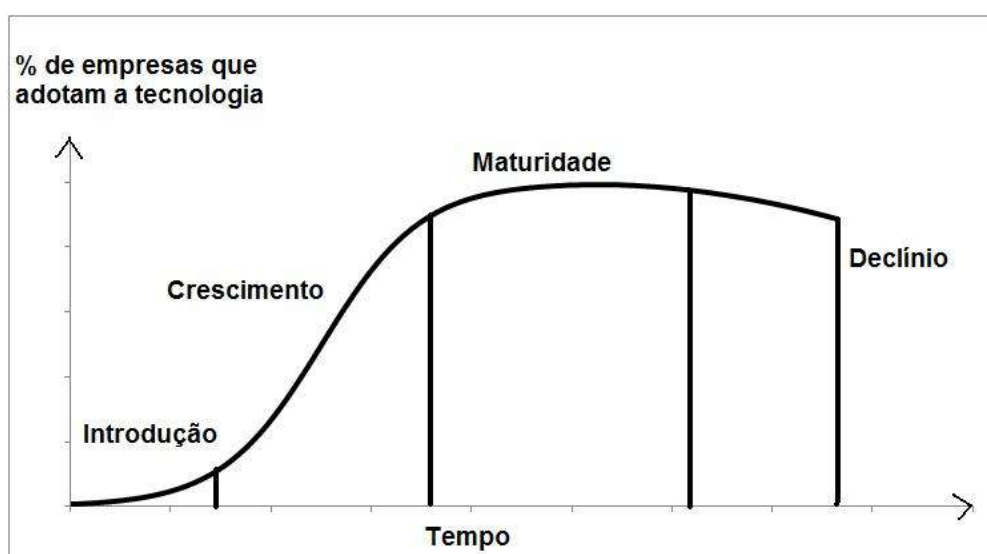


Figura 2-2: Modelo de difusão de uma tecnologia

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 infra-estrutura. A nova tecnologia de produto é geralmente rudimentar e custosa, mas capaz de trazer satisfação para alguns nichos de mercado. Durante este

¹⁵ Estes modelos são chamados de epidemiológicos, pois foram inicialmente aplicados para representar o contágio de uma população por uma epidemia (FURTADO, 2006).

¹⁶ Cabe ressaltar que nem sempre a trajetória de difusão de uma tecnologia segue o padrão em S. Algumas inovações podem passar diretamente da fase de crescimento para a fase de declínio (TIGRE, 2006).

período, as inovações de processo estão em segundo plano, já que 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, os motores dos 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 1681 carros a vapor, 1575 veículos elétricos e 936 veículos à 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 1912 facilitou bastante a difusão dos motores a combustão interna, que antes precisavam de pesadas manivelas para ser postos em funcionamento (COWAN, 1996).

Na fase de crescimento, a adoção da tecnologia torna-se 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. Nesta fase, ocorrem sucessivas inovações incrementais que visam 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.

2.3.3 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 a adoção ou a 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 também incertezas quanto a sua 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 na 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 através de 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 por exemplo, o forte lobby de diversas associações de manter o padrão dominante do motor de combustão interna. Nos Estados Unidos, uma grande rede de instituições¹⁷, também conhecida como “*highway lobby*” contribuíram na difusão deste 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 desta análise consiste na interação entre os atores econômicos, sociais, políticos que fortalecem 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. Desta forma, os componentes essenciais de um contexto institucional favorável ao aprendizado consistem na qualidade do sistema

¹⁷ Associação de cimento Portland, associação de fabricantes de veículos, associação de construtores de rodovias, câmara de comércio automobilístico nacional, associação de fabricantes de borracha e outras associações.

universitário, boa infra-estrutura científica e tecnológica do país, mecanismos de financiamentos e uma regulação governamental adequada.

2.4 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. Neste sentido, a combinação dos modelos de *demand-pull* e *technology-push*, discutidos na seção 2.2, pode promover tecnologias que já estão desenvolvidas e prontas para a comercialização, através 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 econômica¹⁸. Há duas situações nos quais ocorre uma falha de mercado, conforme a definição de PINDYCK e RUBINFELD (2002):

1. 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.
2. 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.

Desta forma, a intervenção do governo pode ser benéfica toda a vez que o mercado não consegue 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.

¹⁸ Na presença de externalidades, o preço de um bem não reflete necessariamente o seu valor social. Assim, as empresas poderão produzir quantidades excessivas ou insuficientes, tornando o mercado ineficiente (PINDYCK E RUBINFELD, 2002).

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. Neste sentido, o papel do governo é estimular a capacidade e o desejo da empresa de inovar visando o 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 apresentados somente as definições dos tipos de políticas visando contribuir para indicação de políticas públicas no capítulo 8.

2.4.1 TIPOS DE POLÍTICAS BASEADAS NO MODELO DE *DEMAND-PULL*

As políticas de *demand-pull* analisadas nesta seção seguem a taxonomia de VEDUNG (1998), baseada na classificação das políticas públicas em três categorias conforme o grau de restrição ou coerção de cada categoria. As medidas são baseadas nos instrumentos de informação (*Sermons*), nos instrumentos econômicos (*Carrots*) e na regulação direta (*Sticks*), e fazem parte do rol de políticas energéticas que têm sido introduzidas por diversos países para promover a inovação e difusão tecnológica em prol da eficiência de consumo energético da frota de novos veículos (GREENE et al, 2005).

1. Instrumentos de Informação

Os instrumentos de informação caracterizam-se por utilizarem a persuasão para motivar mudanças nos padrões de consumo e comportamento.

Ao contrário dos instrumentos econômicos, um programa de informação não recompensa diretamente o agente por realizar determinada ação, e nem o priva de qualquer recurso quando este negligencia a sua mensagem. O efeito positivo deste instrumento é resolver o problema de assimetria de informação, influenciando os

consumidores a tomar decisões do ponto de vista racional. Desta forma, o instrumento baseado na informação é considerado o mais flexível da lista de instrumentos de que o governo dispõe. São exemplos de políticas baseadas no instrumento de informação os programas de etiquetagem, selos ecológicos e códigos de conduta ambiental (ALMEIDA, 1998).

2. Instrumentos econômicos

Ao contrário do teor mais restritivo da regulação direta, os instrumentos econômicos têm o objetivo principal de indução ao desenvolvimento tecnológico por uma adesão custo-efetiva ou compensatória para as empresas que inovam além do limite estipulado pela legislação (CHRISTIANSEN, 2001). Segundo ALMEIDA (1988), uma das principais diferenças dos instrumentos de mercado vis-à-vis as regulações diretas consiste na flexibilidade concedida ao agente causador da externalidade para responder aos estímulos da forma e no tempo que melhor lhe convier economicamente (ALMEIDA, 1998).

Os instrumentos econômicos cobrem uma variedade de medidas que podem reduzir os custos e riscos de realizar uma ação particular, ou de forma oposta, desencorajar o agente de realizar certa ação pela supressão de recursos.

São exemplos deste tipo de instrumentos os impostos, taxas, subsídios, compras governamentais, incentivos fiscais, garantia de empréstimos, entre outros.

Dentre as vantagens associadas aos instrumentos econômicos, IAC (2007) e ALMEIDA (1998) destacam:

- A geração de renda que podem ser utilizada para outros fins
- Incentivo à inovação tecnológica: podem ser direcionados para superar obstáculos de mercado ou promover tecnologias mais avançadas, tais como os incentivos fiscais e compras governamentais.
- Menores custos administrativos de implantação
- Integração com outras políticas setoriais

Além das vantagens, o relatório do IAC (2007) também aponta algumas desvantagens de tais instrumentos como:

- O gasto do governo pode ser politicamente influenciado (financiamentos públicos a grandes corporações).
- Nem sempre estes instrumentos são custo-efetivos (subsídios podem continuar mesmo quando não são mais necessários).
- Isenções fiscais causam perda de arrecadação aos cofres públicos, como por exemplo, a renúncia de IPI para produtos destinados a consumidores de alta renda.

3. Instrumentos de Regulação Direta (*Sticks*)

Segundo VEDUNG (1998), o caráter coercitivo da regulação pode ser interpretado como uma ação de pressão tecnológica (*technology-forcing*), na medida em que são determinados mandatos específicos de mudança de comportamento ou desempenho tecnológico.

O amplo uso da regulação direta aplicada à política ambiental internacional se deve a sua elevada eficácia ecológica, relacionada à certeza dos efeitos da regulação sobre a qualidade ambiental (ALMEIDA, 1998). Além disso, há evidências na literatura (COOMBS et al, 1987) de que vários programas regulatórios levaram ao aumento de investimentos privados em P&D, e também ao desenvolvimento de novas tecnologias (NEMET, 2009).

Por outro lado, este instrumento apresenta algumas limitações em decorrência da dificuldade de definição de um acordo apropriado entre as diferentes firmas e tecnologias, bem como pela natureza lenta e descontínua do processo de definição, implantação e atualização da regulação (CHRISTIANSEN, 2001).

Os economistas neoclássicos apontam várias críticas às políticas regulatórias, também conhecidas como políticas de comando e controle na área ambiental. As críticas se devem aos seguintes fatores:

- Criação de barreiras à entrada de novas empresas
- Custos administrativos altos, na medida em que demandam mais informações para a sua implementação, assim como exigem monitoramento das mudanças esperadas de comportamento dos agentes privados (ALMEIDA, 1998).

- Uma vez atingida a meta de um padrão (de emissões ou eficiência energética), o agente não tem mais estímulo a inovar. Normalmente estas políticas não estimulam e nem premiam mais do que a conformidade mínima.
- Desconsideração das diferentes estruturas de custo dos agentes privados
- Possibilidade de sofrer influência de grupos de interesse (ALMEIDA, 1998).

Apesar de a regulação direta ser objeto de uma série de críticas quanto a sua eficiência econômica, a sua aplicação é apropriada nos casos em que existe:

- Consenso político quanto às externalidades causadas à sociedade,
- Objetivos bem definidos da política regulatória,
- Equidade dos custos e benefícios para os diferentes agentes envolvidos
- Capacidade de garantir o cumprimento e fiscalização da regulação
- Nos casos em que somente as sinalizações dos preços não produzem todas as respostas custo-efetivas ao bem estar social.

2.4.2 TIPOS DE POLÍTICAS BASEADAS NO MODELO *TECHNOLOGY-PUSH*

Baseado neste modelo, um papel chave da política pública é prover fundos e incentivos para as atividades de P&D. Exemplos de medidas baseadas no modelo *push* se referem aos incentivos financeiros às empresas que investem em P&D (créditos fiscais, subsídios, subvenções, financiamento direto de projetos inovadores e protótipos), às ações de pesquisa de caráter básico, apoio a educação e qualificação profissional e investimento em infra-estrutura.

1. Políticas de apoio ao P&D em empresas

Os dois principais instrumentos que os governos dos países da OCDE utilizam para apoiar à inovação e o gasto privado em P&D compreendem as subvenções e incentivos fiscais.

Subvenção Direta

A subvenção direta ao setor privado é geralmente utilizada para estimular a inovação em setores selecionados, com efeitos consideráveis de encadeamento na economia do país, assim como promover atividades em áreas em que é muito elevada a distância entre os retornos públicos e privados dos investimentos em pesquisa, tais como nas áreas de saúde pública, meio ambiente, defesa ou pesquisa básica (IEDI, 2010).

As subvenções são importantes em setores econômicos com grande interação entre a pesquisa pública e privada, porém este tipo de instrumento geralmente apresenta resultados no longo prazo (IEDI, 2010). Uma das críticas a este instrumento resulta dos riscos associados à possibilidade de menor inserção das pequenas e médias empresas (PMEs) do grupo de empresas apoiadas (AVELLAR, 2007).

Cabe ressaltar alguns requisitos deste tipo de política, tais como os maiores custos administrativos e a necessária capacitação técnica das agências para este tipo de apoio (IEDI, 2010).

Incentivos fiscais

Basicamente, os incentivos fiscais à inovação podem ser oferecidos conforme dois mecanismos principais: dedução do Imposto de Renda (IR) e crédito fiscal.

A dedução do imposto de renda incide sobre os lucros das empresas que realizam a inovação. Neste caso, o aumento das despesas em pesquisa e desenvolvimento pode ser subtraído do montante do lucro no qual incidirá o imposto. Já o crédito fiscal consiste na redução da alíquota do imposto a pagar. Nestes dois mecanismos a aquisição de máquinas e de equipamentos geralmente sofre aceleração nas taxas de depreciação (AVELLAR, 2007)

Em algumas experiências internacionais, AVELLAR (2007) identificou especificidades de cada país na aplicação dos incentivos fiscais, tanto no que se refere ao formato desse incentivo quanto no que diz respeito ao tipo de empresa selecionada (grandes, médias ou pequenas empresas). No Reino Unido, por exemplo, a política de incentivos ao setor privado tem como objeto-alvo as médias e

as pequenas empresas, diferenciando-se, portanto, dos programas norte-americano, canadense e brasileiro, nos quais a preferência é dada às empresas de grande porte (AVELLAR, 2007).

No Brasil, as empresas de capital nacional e estrangeiro dispõem de várias medidas de estímulo à inovação através da Lei nº 11.196, conhecida com a Lei do Bem, a Lei nº 8.661, 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 estas leis destacam-se:

- 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 a projetos de P&D e inovação tecnológica sem parceria ou em parceria com universidades ou institutos de pesquisas através de linhas de crédito por bancos oficiais ou por 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. Qualificação da mão de obra

A mão-de-obra qualificada apresenta-se como um 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 possibilidade de acelerar o processo de inovação (CASSIOLATO, 1999).

2.5 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O presente capítulo apresentou a base teórica que irá fundamentar as análises dos capítulos 6, 7 e 8 desta tese. Foram identificados alguns conceitos da teoria evolucionista, tais como o de *lock-in* tecnológico, o ritmo de difusão de uma tecnologia, os processos de aprendizado que contribuem para capacitação tecnológica das organizações. O capítulo também apresentou os tipos de políticas baseados nos modelos de indução da inovação, *technology-push* e *demand-pull*, que orientam as análises do capítulo 8 sobre as políticas energéticas selecionadas para o caso brasileiro.

CAPÍTULO 3: ANÁLISE DAS OPÇÕES TECNOLÓGICAS EM VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO

O objetivo deste capítulo é apresentar e analisar a variedade de opções tecnológicas de caráter incremental e radical voltadas para o *powertrain* e estrutura do veículo, que poderão ser aplicadas pela indústria automobilística na frota brasileira de novos veículos leves, conforme as informações obtidas na pesquisa de campo junto às principais montadoras instaladas no Brasil, que será apresentada no capítulo 7 desta tese.

A princípio, avaliam-se as principais tecnologias que elevam de modo incremental a eficiência energética nos veículos leves do ciclo Otto, atual padrão de motor de combustão interna utilizado na frota brasileira. Em seguida são descritos os novos sistemas de propulsão elétricos e híbridos comercializados nos últimos anos ou que estão em fase de pesquisa e desenvolvimento. Por fim, são apresentados alguns cenários recentes sobre a difusão de novas tecnologias na frota de veículos leves nos países da OCDE.

3.1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética de um veículo é expressa de várias formas na literatura que abrange o setor de transporte. A eficiência energética veicular pode ser definida como a energia útil produzida pelo veículo para cada unidade de energia fornecida pelo combustível que alimenta este veículo. Os termos mais utilizados em artigos científicos para expressar a eficiência energética veicular têm sido *fuel consumption*, *fuel economy* e *fuel efficiency* (NCR, 2008; PLOTKIN, 2009).

Fuel economy refere-se à distância percorrida pelo veículo por unidade de combustível utilizado. Este termo é traduzido para o português como economia de combustível, e é principalmente utilizado nos Estados Unidos, expresso em milhas por galão (mpg).

Fuel consumption é mais utilizado na Europa, China, Austrália e Nova Zelândia. Refere-se ao consumo específico de combustível, ou seja, ao volume de combustível, em litros, consumido pelo veículo para percorrer uma dada distância¹⁹,

¹⁹ Nos Estados Unidos esta medida algumas vezes é expressa em galão por 100 milhas.

geralmente 100 km (l/100km). Quanto menor a quantidade de litros de combustível em 100 km, menor o consumo de combustível do veículo.

O termo *fuel efficiency*, normalmente traduzido como eficiência de consumo, está relacionado à quantidade de energia útil obtida na combustão de um combustível.

Cabe ressaltar que tanto um veículo pesado como um veículo leve, usando a mesma tecnologia, pode apresentar a mesma eficiência de consumo, porém diferentes valores de economia de combustível, pois os melhoramentos na eficiência de consumo são compensados pelos efeitos negativos do aumento de peso e potência (NAS, 2009).

No Brasil, o termo autonomia por litro (ou autonomia) é utilizado de forma freqüente, e semelhante à *fuel economy* para expressar a eficiência energética veicular, diferindo-se apenas na unidade de medida (km/l).

NRC (2008) considera que o consumo específico de combustível (*fuel consumption*) é o termo mais adequado para expressar a eficiência energética veicular, e também mais compreensível ao consumidor do que o termo economia de combustível ou autonomia por litro. A relação entre estas duas medidas – consumo específico de combustível em l/100 km e autonomia por litro em km/l – não é linear, como mostra a figura 3.1.

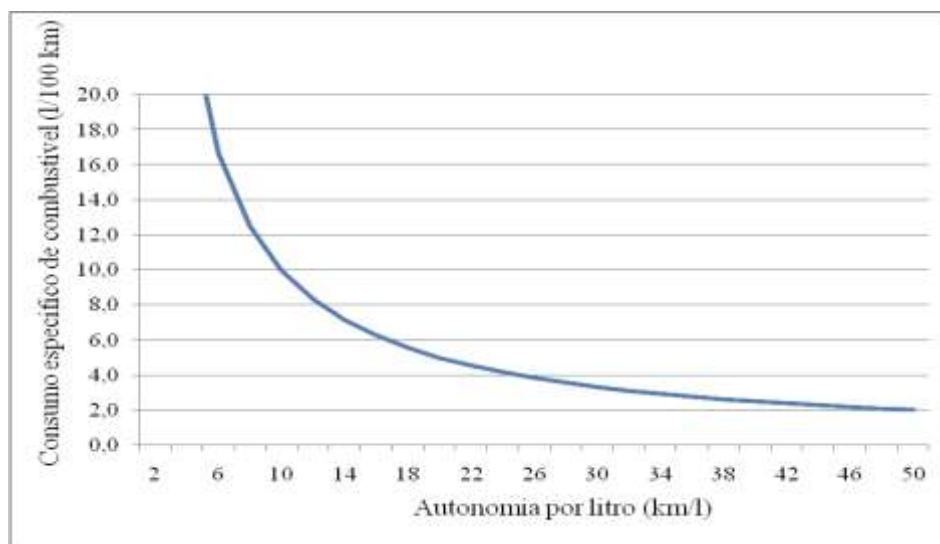


Figura 3-1: Relação entre consumo de combustível (l/100km) e autonomia por litro (km/l).

Fonte: Baseado em NAS (2009)

De acordo com a NRC (2002), o veículo deve ser entendido como um sistema quando se analisa a sua eficiência energética. Inevitavelmente, cerca de dois-terços da energia disponível no tanque do veículo é perdida na forma de calor durante a conversão da energia química do combustível em energia mecânica no motor do veículo.

Outras perdas ocorrem no sistema de transmissão, no uso dos acessórios do veículo (ar condicionado, direção hidráulica/automática, etc), no sistema de refrigeração e na frenagem. O restante da energia original do combustível transmitida para as rodas (em torno de 13 a 20%) deverá ainda superar a inércia (peso), a resistência do ar (arraste aerodinâmico) e a resistência por atrito dos pneus (NRC, 2002).

A figura 3.2 mostra um exemplo das perdas energéticas em um veículo trafegando no meio urbano e em estrada. Observa-se uma perda significativa de energia (15 a 20%) quando o veículo opera no perímetro urbano, em decorrência das constantes paradas e do período em que o veículo fica em ponto morto (*stand-by*). Em percursos em estrada, as perdas por *stand-by* são menores e o motor opera de forma mais eficiente, e desta forma, maior porcentagem da energia do combustível poderá chegar às rodas.

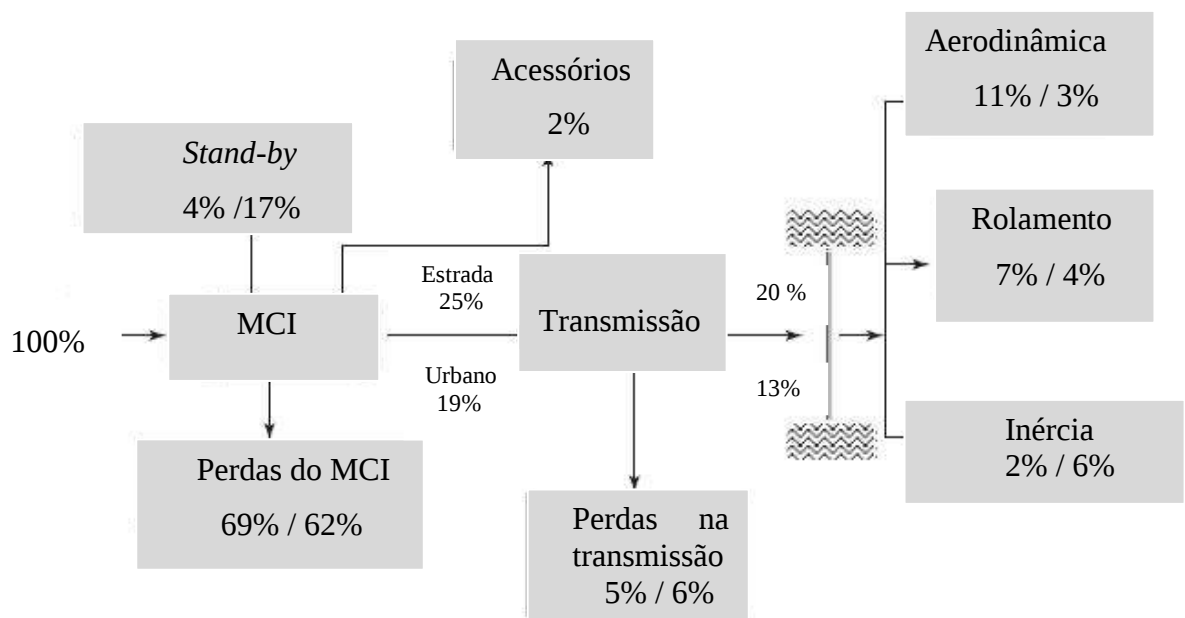


Figura 3-2: Perdas energéticas em um veículo no ciclo estrada/urbano

Fonte: NRC (2006)

Com base na distribuição das perdas energéticas de um veículo convencional, os fabricantes de automóveis podem otimizar a eficiência energética veicular a partir de duas maneiras: o aumento da eficiência do *powertrain* e a diminuição do trabalho para movimentar o veículo (peso, aerodinâmica, atrito e acessórios) (NRC, 2002). A seguir são listadas as tecnologias automotivas que aumentam a eficiência de consumo a partir da revisão da literatura científica sobre este tema.

3.2 TECNOLOGIAS APLICADAS NO POWERTRAIN DO CICLO OTTO CONVENCIONAL

1. Downsizing do motor e supercharging

O princípio do *downsizing* se baseia na redução do tamanho da capacidade do motor (cilindrada), com conseqüente redução do consumo de combustível, mas sem perda expressiva de desempenho (potência e torque do motor). Para minimizar o impacto de uma redução da capacidade do motor, adiciona-se um turbocompressor ou compressor mecânico. Os principais ganhos na economia de combustível são mais visíveis no meio urbano, em situações de marcha lenta, pois o carro passa a consumir menos em baixa rotação.

A economia de combustível do *downsizing* é variável e dependente do tamanho da redução do motor. Para pequenas reduções de capacidade do motor, a economia obtida é de 3 a 4% (NRC, 2002). Nos casos de maior redução da capacidade, a economia de combustível pode chegar a 7,5% (NHTSA, 2009; NRC, 2008).

2. Injeção Direta

A injeção direta tem como princípio a injeção do combustível com alta pressão diretamente na câmara de combustão, substituindo os injetores no coletor de admissão, usuais na injeção indireta convencional. Com esta tecnologia, o perfil da mistura ar/combustível e seu tempo de entrada nos cilindros são precisamente controlados (NRC, 2002). Esse sistema apresenta maior taxa de compressão, e

permite trabalhar com misturas ar-combustível mais pobres (com maior quantidade de ar), com ganhos na economia de combustível entre 10 a 15% (ICCT, 2010).

O ganho de potência e torque com esta tecnologia é de cerca de 5%. No entanto, esse sistema requer uma gasolina com baixo teor de enxofre, pois gera maiores emissões de NO_x, requerendo, assim, um catalisador especial muito sensível ao envenenamento por compostos sulfurados (DeNO_x – teor de enxofre < 50ppm).

Esta tecnologia foi lançada em meados da década de 90, pela Mitsubishi (NRC, 2002). O Passat FSI 2.0 da Volkswagen, importado para o Brasil, foi modificado para trabalhar com catalisador de *três-vias* e adaptado para o teor de enxofre comercializado no país.

3. Motor de ignição por compressão de carga homogênea - HCCI (*Homogeneous Charge Compression-Ignition*)

O motor HCCI apresenta algumas características dos atuais motores a gasolina e a diesel. Estes motores realizam a combustão da gasolina por meio de velas de ignição como nos motores convencionais, porém o combustível é queimado com a ajuda da ignição por compressão, gerando os benefícios dos motores a diesel (CARNEY, 2008). O motor HCCI apresenta menores emissões dos gases de escape e material particulado comparado aos motores a diesel, que apresentam eficiência similar, mas que requerem caros catalisadores de NO_x e sistemas pós-tratamento com uréia. Nos motores HCCI, a mistura ar-combustível ocorre fora da câmara de combustão, e não se inflama por um centelhamento elétrico, mas se auto-inflama por compressão. A mistura ar-combustível aspirada é muito pobre em combustível, e é comprimida até sua combustão espontânea como nos motores diesel.

A tecnologia HCCI ainda apresenta alguns problemas técnicos e obstáculos que dificultam a sua difusão. A combustão HCCI é sensível quanto às mudanças de temperatura e pressão do ar, bem como em relação à qualidade do combustível (relativo à octanagem do combustível). A solução para o aumento do ruído da combustão e perda de dirigibilidade do veículo também estão sendo pesquisados pelos fabricantes (CARNEY, 2008). Os combustíveis mais apropriados para este tipo de combustão são: gasolina, gás natural, biogás e etanol. Um mesmo motor poderia usar mais de um destes combustíveis. A eficiência de um motor HCCI

operando com gasolina pode ser 15% superior à de um motor a gasolina convencional (ICCT, 2010).

4. Comando Variável de Válvula (VVT&L)

O momento em que as válvulas abrem e fecham, a sua abertura (seu curso e levantamento) e o tempo em que permanecem abertas (duração), influenciam significativamente no funcionamento do motor. O comando de válvulas é o componente do motor responsável por determinar o momento de abertura e fechamento das válvulas de admissão e de exaustão. O sistema variável de comando de válvulas pode adaptar o momento de abertura e fechamento, bem como o levantamento das válvulas conforme a rotação do motor e a abertura do acelerador, por comando eletrônico (NRC, 2002). Geralmente, nos automóveis com tecnologia convencional, existe um *trade-off* entre a otimização da potência obtida em altas rotações e o desempenho em rotações mais baixas. Esse sistema pode atingir de 3,0 a 7,4% de economia de combustível (NHTSA, 2009).

5. Variador do Tempo de Válvula (VVT)

Essa tecnologia é uma variação mais simples do conceito de VVT&L e atua apenas nos tempos de abertura e fechamento, conhecido como variador do tempo de válvula (VVT). A abertura antecipada sob baixo carregamento (baixa aceleração) reduz o trabalho de bombeamento. Em alta velocidade, este sistema melhora a eficiência volumétrica e ajuda no controle de gases residuais. A melhoria na eficiência energética obtida com esta tecnologia varia em torno de 2 a 3% (NRC, 2002). Esta tecnologia foi introduzida no Brasil pelas montadoras japonesas em 1997, com a produção local do Honda Civic (apenas válvula de admissão).

6. Desativação de Cilindros

Na desativação de cilindros, o sistema de gerenciamento do motor é capaz de desativar alguns dos cilindros individualmente, cortando a injeção de combustível, e no caso de motor ciclo Otto, a ignição (NHTSA, 2009). O sistema fecha com precisão as válvulas de admissão e exaustão dos cilindros, a partir de uma atuação hidráulica controlada eletronicamente (NRC, 2002).

Atualmente esta tecnologia é aplicada em motores grandes V6, V8 e V12. Entretanto, a aplicação da desativação de cilindros pode aumentar a vibração e o barulho do veículo (NRC, 2008). Segundo NHTSA (2009), esta tecnologia pode reduzir o consumo de combustível entre 4,5 a 6,0%.

7. Motor sem Árvore de Cames (CVA - *Camless Valve Actuation*)

Os motores com esta tecnologia usam atuadores eletromagnéticos para abrir e fechar as válvulas ao invés das tradicionais árvores de cames. O fato de não haver contato mecânico diminui as perdas de potência. Comparado com os motores convencionais, a melhoria total do sistema pode atingir 15% ou mais (NRC, 2002). Esta é uma tecnologia avançada ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento. Algumas montadoras estão desenvolvendo esta tecnologia, tais como a BMW e a Fiat.

8. Razão de Compressão Variável (VCR)

A razão ou taxa de compressão é um dos fatores mais importantes na determinação da eficiência termodinâmica do motor. Ela representa o quanto a mistura ar-combustível é comprimida no cilindro antes da ocorrência da centelha que inicia a combustão no motor do Ciclo Otto.

A energia do combustível será melhor utilizada se a compressão for a maior possível. No entanto, se for alta demais, o combustível entrará em auto-ignição, levando à detonação ("batida de pino") que pode causar danos ao motor. Devido à compressão variável, o motor é capaz de funcionar à taxa de compressão mais alta (14:1) em cargas baixas, de maneira a aproveitar ao máximo a energia do combustível, e depois reduzir para 8:1 em altas cargas, permitindo que a potência seja aumentada por superalimentação sem o surgimento de detonação (NRC, 2002).

Esta opção tecnológica pode obter ganhos de consumo de combustível na faixa de 2 a 6% (NRC, 2002). Esta tecnologia também garante um uso mais otimizado dos motores flexfuel. Pode-se operar sempre na razão de compressão adequada em cada combustível no carro flexfuel, conforme o seu índice de octanagem.

9. Transmissão variável contínua (CVT)

Os tradicionais sistemas de transmissão controlam a razão entre a velocidade do motor e a velocidade da roda usando um número fixo de marchas. Ao invés de usar marchas, a transmissão variável contínua utiliza um sistema de polias de diâmetros variados conectados em um cinto ou correia que pode produzir uma infinidade de razões de velocidade motor/roda. Esta tecnologia pode melhorar o consumo de combustível em torno de 6% (NHSTA, 2009; NCR, 2002). No Brasil, esta tecnologia foi inicialmente adotada pela Honda a partir de 2003.

3.3 TECNOLOGIAS APLICADAS NO VEÍCULO

1. Redução do coeficiente de arraste aerodinâmico (C_x)

O desempenho aerodinâmico de um veículo depende principalmente de sua forma e altura. Normalmente o coeficiente aerodinâmico²⁰ (C_x) varia entre 0,25 a 0,38 (carros de passeio)²¹, enquanto os SUVs apresentam C_x entre 0,35 a 0,45 em média, por causa da maior área frontal e também pela forma “caixa” que a maioria destes modelos apresenta (BANDIVADEKAR et al, 2008). Segundo KASSERIS (2006), nos próximos 25 anos, este o coeficiente pode chegar a 0,21 para modelos de carro de passeio, como o sedan médio Toyota Camry.

Além da forma, várias outras modificações no veículo podem influenciar o coeficiente aerodinâmico, tais como a substituição do espelho retrovisor por mini-

²⁰ O coeficiente aerodinâmico expressa a maior ou menor facilidade com que o veículo rompe o ar a sua frente.

²¹ Modelos de veículos híbridos como Toyota Prius e Honda Insight apresentam coeficiente de arraste aerodinâmico de 0,25. Modelos convencionais possuem C_x mais alto como o Toyota Camry 2009 (0,28) e Polo Blue Motion da Volkswagen (0,31) vendido no mercado brasileiro.

câmaras de vídeo, maior inclinação do pára-brisa, *spoilers* dianteiros e traseiros, áreas de entrada de ar frontal, aerofólios, cobertura das rodas do veículo, entre outros (NRC, 2008). Porém, estas modificações podem levar a mudanças indesejadas no estilo do veículo, e principalmente, perda de conforto e segurança. Uma redução de 10% no arraste aerodinâmico pode resultar em uma melhoria de 1 a 2% na redução de consumo de combustível do veículo (NRC, 2006).

2. Resistência de rolamento

A resistência de rolamento é outro tipo de força que se opõe ao movimento do veículo, causada pela perda de energia pelo efeito da histerese²² em decorrência do processo repetitivo de deformação do pneu em contacto com o solo (KASSERIS, 2006). A resistência ao rolamento depende da construção, do design, dos materiais que compõem o pneu, bem como de sua manutenção e condições de operação, como por exemplo, a sua pressurização correta (NRC, 2006). O coeficiente de resistência ao rolamento nos veículos leves varia entre 0,070 a 0,014. A redução de 10% na resistência ao rolamento ocasiona uma economia de combustível de 1 a 2% (NRC, 2006). Segundo KASSERIS (2006), tal coeficiente pode alcançar uma redução de 33% nos próximos 25 anos.

3. Redução da Massa do Veículo

A redução do peso do veículo pode reduzir significativamente o consumo de combustível. Em média, para a cada 10% de redução do peso de um automóvel ocorre uma redução de consumo de 7% (BANDIVADEKAR et al, 2008).

Basicamente, a redução de peso de um veículo pode ser obtida por substituição por materiais mais leves, modificação do desenho/forma do veículo e diminuição do tamanho dos novos veículos produzidos (NHTSA, 2009).

Conforme BANDIVADEKAR et al (2008), alumínio e aço de alta resistência são as duas alternativas de materiais mais leves e com melhor custo benefício para a substituição do aço e ferro em larga escala de produção. O alumínio fundido deve

²² Atribuída às características viscoelásticas da borracha.

substituir os componentes de ferro do veículo enquanto o alumínio estampado é adequado na substituição dos componentes feitos em aço estampado. O aço de alta resistência tem melhor aplicação para substituição do aço convencional nas partes estruturais do veículo. Plásticos, compósitos poliméricos (fibra de carbono e fibra de vidro) e ligas de magnésio são outras possíveis alternativas, porém o custo de aplicação é bem mais alto. Considerando que o uso de materiais como alumínio e magnésio são mais intensivos em energia, o gasto energético de fabricação dos veículos no futuro poderá ser mais alto (BANDIVADEKAR et al, 2008).

A outra abordagem para diminuir o peso do veículo consiste na modificação do seu desenho/forma. Esta opção abrange as iniciativas de redução da dimensão exterior mantendo o mesmo espaço interno, e remoção de acessórios. Com a diminuição do peso, outras reduções secundárias e redimensionamentos podem ocorrer no motor, suspensão e outros subsistemas do veículo (NHTSA, 2009).

A terceira alternativa para a redução do peso do veículo é o *downsizing* da frota (redução do tamanho médio do veículo na frota) obtida através da redução do tamanho do veículo em cada segmento do mercado ou da diminuição de vendas de modelos de grandes dimensões (BANDIVADEKAR et al, 2008).

4. Sistema elétrico de quarenta e dois volts (42 V)

A transição do padrão atual de 12V para o sistema elétrico de 42V poderá suportar a necessidade contínua de energia elétrica para as novas gerações de veículos. A voltagem mais alta permite a introdução de tecnologias automotivas e componentes mais eficientes como a direção elétrica assistida, sistema de freio eletro-mecânicos, e diminuição de peso em cabos elétricos²³ (NCR, 2002). Reduções no consumo de combustível associadas à implementação deste sistema podem alcançar de 0,2 a 0,9% (NHTSA, 2009).

5. Partida integrada/gerador (ISG).

Esses sistemas desligam o motor automaticamente quando o veículo pára e o liga instantaneamente quando o acelerador é pressionado. Dependendo tipo e do

²³ Sistemas de 12V precisam de cabos elétricos mais grossos para suportar uma corrente mais alta.

tamanho da bateria, é possível converter parte da energia mecânica perdida na frenagem em eletricidade através do sistema de regeneração dos freios, armazenando-a na bateria. Esta tecnologia pode alcançar de 4 a 7% de melhoria no consumo de combustível (NRC, 2002).

3.4 NOVOS SISTEMAS DE PROPULSÃO DE VEÍCULOS

3.4.1 VEÍCULO ELÉTRICO A BATERIA (VE)

A propulsão de um veículo elétrico é realizada por um motor elétrico utilizando a energia armazenada em um conjunto de baterias. As baterias podem ser recarregadas a partir da rede elétrica e por meio da recuperação da energia na frenagem do veículo. Dependendo da origem da geração da energia elétrica²⁴ para o carregamento das baterias, esses veículos não contribuem com emissões de gases poluentes ou CO₂ (IEA, 2009).

Segundo FRIEDMAN (2003), o conceito do veículo elétrico a bateria é mais simples se comparado ao motor de combustão interna. O VE não apresenta embreagem e não requer um complexo sistema de transmissão, bem como a eficiência é elevada em todas as velocidades, principalmente na arrancada e em baixas velocidades. Desta forma, o veículo elétrico é três vezes mais eficiente que um MCI convencional e duas vezes mais que um veículo híbrido (IEA, 2009).

A principal desvantagem do automóvel elétrico é a dependência de baterias que ainda apresentam pouca densidade energética quando comparada aos combustíveis líquidos (IEA, 2009). Para oferecer uma autonomia de 500 km (como um carro convencional), um veículo elétrico precisa ter uma bateria com capacidade de no mínimo 75 kWh. Neste caso, somente o preço da bateria²⁵ corresponderia a US\$ 35.000 a US\$ 40.000 (IEA, 2009). Desta forma, a maioria dos modelos²⁶ que serão oferecidos no curto prazo, apresenta autonomia entre 50 km a 200 km e menor capacidade de bateria (30 kWh), com um custo da bateria em torno de US\$ 15.000 (IEA, 2009; GAO, 2009).

²⁴ Como por exemplo através de painéis fotovoltaicos

²⁵ Se o custo for de US\$ 500/kWh, previsto para o curto prazo (IEA, 2009).

²⁶ Em 2011 deverão ser lançados no mercado norte-americano os carros Leaf (Nissan), New Focus EV (Ford), Coda (Coda Automotive), Think City (Think).

Tendo em vista a pouca autonomia de um veículo elétrico, a difusão deste veículo no mercado depende da construção de estações de recarga em vários pontos de uma cidade. Muitos consumidores²⁷ não têm acesso a uma tomada perto do veículo na residência. Tais consumidores precisarão de uma infra-estrutura pública para recarregar a bateria de seus carros durante o dia, instalada perto de estacionamentos públicos, praças ou estações de trem (GAO, 2009).

Sistemas de recarga rápida e troca de baterias podem ser uma forma de tornar o VE mais atrativo ao consumidor. Para um sistema de troca de baterias ser bem sucedido, será preciso também padronizar as especificações das baterias (IEA, 2009).

3.4.2 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS (VEH)

Veículo elétrico híbrido²⁸ (VEH) são veículos que utilizam mais de um sistema de geração de energia para a sua movimentação, normalmente um motor a combustão interna e um motor elétrico. A capacidade de bateria (entre 1kWh a 2kWh) é suficiente para estocar energia através da regeneração da eletricidade por frenagem ou gerada pelo MCI (IEA, 2009).

Na regeneração de energia por frenagem, o motor elétrico opera como um gerador, convertendo parte da energia cinética da movimentação do veículo em eletricidade, que é estocada na bateria. Neste caso, o veículo deve possuir um motor elétrico com maior voltagem para capturar esta energia, bem como um conjunto maior de baterias com capacidade suficiente para estocá-la (FRIEDMAN, 2003).

As vantagens destes veículos em relação a um veículo convencional incluem a redução de emissões atmosféricas, redução do consumo de combustível (principalmente no perímetro urbano), menor ruído, maior autonomia e diminuição de idas aos postos de gasolina para abastecimento (CHAU E WONG, 2002).

Os veículos híbridos têm sido classificados conforme o seu grau de hibridização ou uso de determinadas tecnologias. Conforme FRIEDMAN (2003) existe quatro características que diferenciam um veículo convencional de um veículo híbrido total

²⁷ Cerca de 40% dos consumidores norte-americanos (GAO, 2009).

²⁸ A partir deste capítulo, a sigla VEH referencia os veículos híbridos que apresentam a configuração em série, paralela ou mista.

(*full hybrid*): a capacidade de desligar o motor em paradas²⁹, a capacidade de regeneração de energia por frenagem, o *downsizing* do MCI e capacidade de movimentação do veículo apenas com o motor elétrico.

Os híbridos médios (*mild hybrids*) possuem as três primeiras características mencionadas anteriormente, mas não podem movimentar o veículo somente com o motor elétrico. Esta característica que separa estas duas categorias de veículos híbridos é importante, pois elimina a operação do MCI nas regiões de maior ineficiência a baixas rotações (no caso de motores Otto) (FRIEDMAN, 2003). Conseqüentemente, a eficiência de consumo dos VEHs pode variar de 15% para os híbridos médios a 30% para os híbridos totais (NCR, 2008).

Existem também os modelos híbridos que utilizam a vantagem da tecnologia híbrida para compensar a menor economia de combustível, em decorrência do aumento de tamanho e potência, conhecidos como *muscle hybrids* (FRIEDMAN, 2003). Nos Estados Unidos, algumas montadoras estão ofertando vários modelos³⁰ de SUVs e carros esportivos híbridos que apresentam uma economia de combustível geralmente menor que um *mild hybrid*.

Os veículos híbridos começaram a ser comercializados em 1997, no Japão, e atualmente a sua penetração de mercado nos países da OCDE é de cerca de 3% (IEA, 2009). Atualmente são vendidos 32 modelos de veículos híbridos (VEH) no mercado norte-americano (EPA, 2010).

Os VEHs possuem três configurações que variam de acordo com a forma de transmissão de energia para as rodas: série, paralelo, ou mista (série/paralelo).

Configuração VEH em série

Esta é a configuração híbrida mais simples, em que a tração do veículo é totalmente realizada pelo motor elétrico, através da energia fornecida pela bateria ou por um gerador acionado pelo motor de combustão interna (CHAU E WONG, 2002).

²⁹ O estudo do National Research Council (NRC, 2008) considera válido o conceito de micro-híbrido (micro-hybrid), o qual apresenta a capacidade de desligar o motor quando o veículo pára. Para FRIEDMAN (2003) a inclusão desta tecnologia não é suficiente para caracterizar um veículo como híbrido.

³⁰ Tais como GMC Yukon (21mpg), Chevrolet Tahoe (21mpg), Lexus LS 600h (20 mpg), BMW Active Hybrid (18 mpg), entre outros (EPA, 2010).

A configuração em série apresenta um conjunto de baterias maior do que na configuração em paralelo, elevando assim os custos e o preço prêmio destes veículos. Desta forma, há pouca aplicação desta configuração pela indústria automobilística em automóveis (KASSERIS e HEYWOOD, 2007).

Entretanto, os híbridos em série mostram grande vantagem de operação para baixas velocidades, principalmente em paradas repetitivas. Isso acontece porque o MCI não traciona as rodas e não está sujeito à variação da demanda de potência em paradas repetitivas. Devido ao melhor desempenho em baixas velocidades a configuração em série está sendo desenvolvida para os veículos pesados de carga urbanos e ônibus. Enquanto os ônibus híbridos em série são mais adequados para o transporte urbano, os ônibus híbridos em paralelo são apropriados para o transporte em estrada³¹ (CHAU E WONG, 2002)

A cidade de Nova York tem a maior frota de ônibus híbridos nos Estados Unidos, cerca de 850 ônibus híbridos a diesel circulando nos cinco distritos da cidade. O menor impacto ambiental (menor emissão de particulado e NOx) e o menor ruído são as maiores vantagens. A desvantagem é o seu preço, cerca duas vezes mais que um ônibus a diesel convencional. Porém, este valor já diminuiu pela metade desde o seu início de sua utilização em 1998 (NEW YORK TIMES, 2009).

Configuração VEH em paralelo

O veículo híbrido em paralelo possui duas fontes de energia para o sistema de tração: o motor de combustão interna, que aciona o veículo diretamente, como acontece nos veículos convencionais, e o motor elétrico, que o auxilia conforme as exigências adicionais de potência, por exemplo, na aceleração ou em subidas. O MCI desta configuração é menor do que um MCI de um veículo convencional, mas é maior e mais caro do que em uma configuração em série (KASSERIS e HEYWOOD, 2007).

Na configuração em paralelo, as baterias são recarregadas principalmente através da frenagem regenerativa e também existe a possibilidade de o motor elétrico se tornar

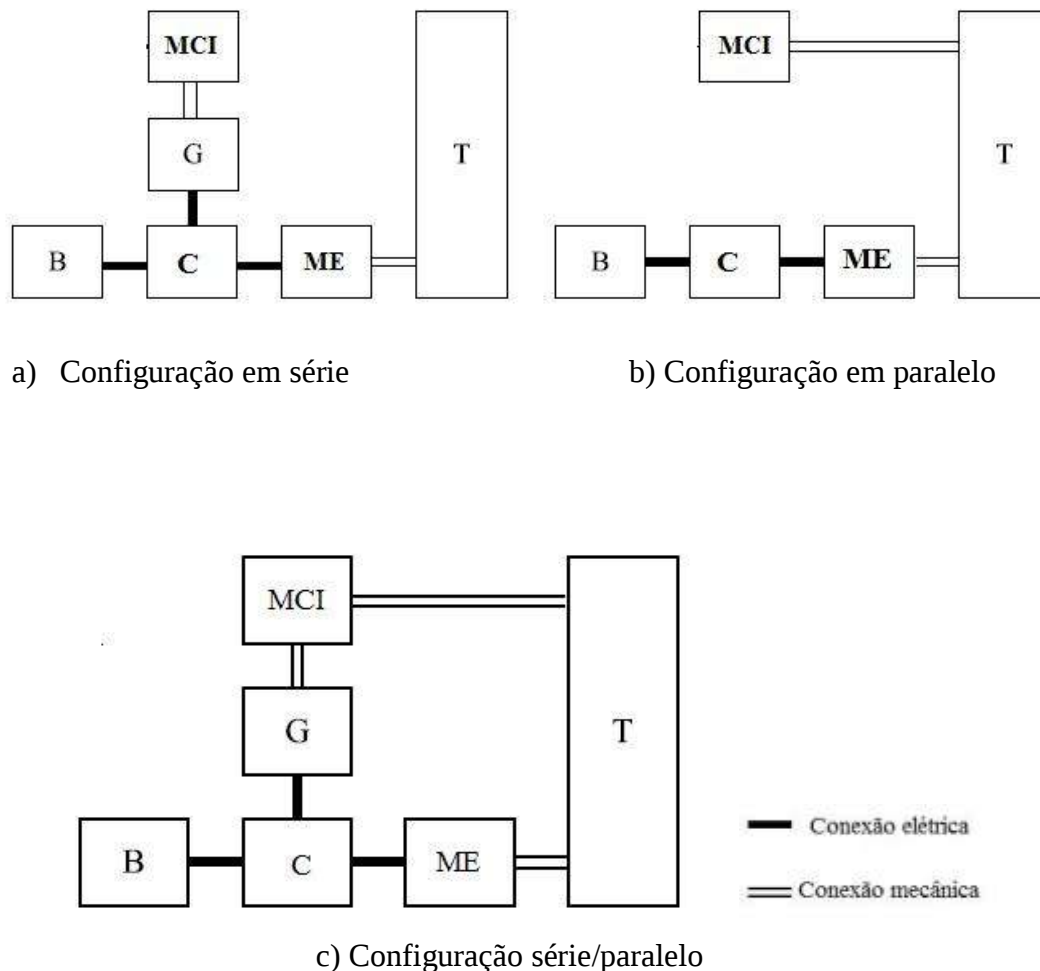
³¹ O processo repetitivo de conversão de energia mecânica em elétrica, estocagem da mesma, torna estes veículos mais ineficientes em altas velocidades. Neste caso, a configuração em paralelo para ônibus rodoviários apresenta uma resposta mais eficiente.

um gerador durante a movimentação do veículo recarregando as baterias, de forma semelhante ao que acontece com os alternadores nos veículos convencionais. Segundo FRIEDMAN (2003), essa configuração também é mecanicamente mais complexa do que a configuração em série, bem como o sistema de controle é mais complexo para sincronizar as tarefas do MCI, da transmissão e do motor elétrico. Na estrada, o veículo híbrido em paralelo tem vantagens sobre o híbrido em série. A transmissão direta do MCI às rodas permite que estes híbridos não sofram perda de eficiência como os híbridos em série (KASSERIS, 2006). Esta configuração tem sido aplicada nos veículos híbridos da Honda.

Configuração VEH em série/paralelo

O veículo híbrido em série/paralelo incorpora características vantajosas de ambas as configurações anteriores, podendo operar perto do ponto ótimo de eficiência durante mais tempo. Esta configuração é parecida com a configuração em paralelo, onde o MCI é conectado diretamente as rodas. A diferença principal é que o MCI pode se desconectar da transmissão e operar de modo semelhante ao híbrido em série, quando está em baixa rotação (FRIEDMAN, 2003). Quando o veículo atinge uma velocidade maior, o MCI passa a movimentar o veículo, minimizando a atuação do motor elétrico, e aproveitando o potencial de desempenho da configuração em paralelo. Este veículo apresenta maiores custos de aquisição do que um veículo híbrido em paralelo porque precisa de um gerador, um conjunto maior de baterias e maior complexidade do sistema de controle para operar os dois sistemas.

Assim como em outras configurações, o modo de gerenciamento e controle energético do veículo dita qual a fonte de energia (elétrica da bateria ou química do combustível). Este dispositivo é particularmente importante para que o veículo tenha um desempenho adequado em qualquer modo de operação. A figura 3.3 apresenta as três configurações dos veículos elétricos híbridos.



Notas: B: Bateria; ME: motor elétrico; T: transmissão; G: alternador;
 C: controle; MCI: motor de combustão interna

Figura 3-3: Configurações dos veículos elétrico híbridos: em série (a), em paralelo (b) e em série/paralelo (c)
 Fonte: (CHAU e WONG, 2002)

3.4.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS PLUG-IN (VEHP)

Os componentes e a arquitetura dos veículos híbridos plug-ins (VEHP) são similares às configurações híbridas anteriores³², incorporando tanto um motor elétrico quanto um MCI. A principal diferença é a adição de um carregador ao VEHP permitindo o

³² Os VEHP podem ser configurados em série, em paralelo ou série/paralelo.

carregamento da bateria a partir da energia da rede elétrica, assim como a possibilidade de “exportação” da energia do veículo para provimento de eletricidade residencial³³ e também suprimento de eletricidade para a rede elétrica como fonte de estabilização do sistema (IEA, 2009).

Desta forma, os VEHP têm duas fontes de energia disponíveis: a energia elétrica da rede estocada na bateria e a energia química do combustível, que podem ser utilizadas em conjunto ou separadamente. Os modos de gerenciamento de energia de um veículo plug-in controlam a fonte de energia que tracionará o veículo, para que este alcance um melhor desempenho, maior eficiência energética e menor impacto ambiental em relação a um veículo híbrido convencional (BRADLEY e FRANK, 2009).

Os modos de gerenciamento de energia no VHEP mais relevantes são:

- Modo Carga Sustentada (*Charge-Sustaining mode* – CS) - Modo de gerenciamento de energia em que o estado da carga da bateria (*state-of-charge* - SOC) é controlado para permanecer dentro de uma faixa estreita de funcionamento. Os veículos híbridos convencionais geralmente operam a maior parte do tempo neste modo.
- Modo Carga Deplecionada (*Charge-Depleting mode* – CD) – Modo de operação em que o SOC é controlado para diminuir durante operação do veículo.
- Modo Veículo Elétrico – Modo onde o MCI está desligado, e o veículo plug-in somente utiliza o motor elétrico como um VE.
- Modo Motor de Combustão Interna – Modo em que o sistema de tração elétrico é muito limitado.

Segundo BRADLEY e FRANK (2009), os veículos híbridos plug-in podem ser classificados como um VEHP de longo alcance (*range-extended*) ou combinado (*blended*), dependendo da estratégia de controle do gerenciamento da energia escolhida pelo fabricante. Um VEHP de longo alcance funciona como um veículo elétrico (VE) no modo de carga deplecionada (CD), utilizando a energia elétrica da bateria para mover o veículo, conforme mostra a figura 3.4. Já o segundo tipo de VEHP (*blended*) apresenta a estratégia em que o motor elétrico fornece a principal

³³ Por exemplo, em caso de emergência em decorrência de um *blackout*.

propulsão do veículo no modo de carga deplecionada, mas o MCI é usado quando necessário para fornecer potência adicional. No modo de carga sustentável, todos os VEHP operam similarmente aos VEH, usando o MCI para manter a meta do estado da carga da bateria (BRADLEY E FRANK, 2009). A figura 3.4 apresenta o padrão de um VEHP de longo alcance com um SOC de 80% e meta de sustentação do SOC em 35%.

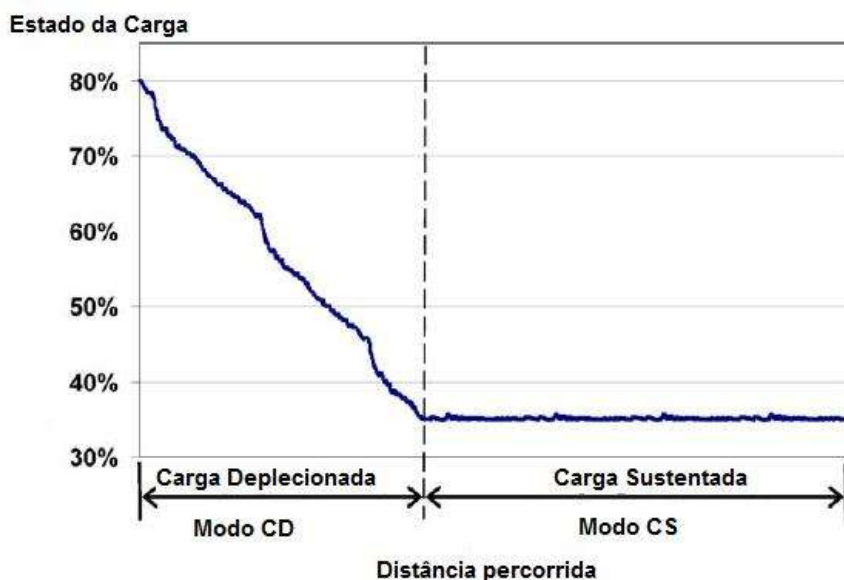


Figura 3-4: Estado da carga em um VEHP de longo alcance (*extended*)

Fonte: SHIAU et al (2009)

Assim como ocorre com os veículos elétricos, o avanço tecnológico das baterias é uma das principais barreiras para a difusão deste tipo de veículo. Embora os veículos híbridos plug-in precisem de menor capacidade de bateria que um veículo elétrico, os VEHP precisam de pelo menos cinco vezes mais capacidade de bateria que um veículo híbrido (IEA, 2009).

Vários estudos (GAO, 2009; IEA, 2009, SHIAU, 2009) apontam as baterias de íon-lítio como as mais aptas a se tornar o padrão de bateria para os VEHP e VE. Embora as características das baterias de hidretos metálicos de níquel sejam bem conhecidas (desempenho, ciclo de vida e segurança), tais baterias apresentam valores baixos de densidade de energia, bem como energia específica, requisitando maior tamanho e peso para trafegar maior tempo com o motor elétrico. Entretanto, o

custo das baterias de íon-lítio atualmente é muito alto, cerca de US\$ 1000/kWh (GAO, 2009).

As montadoras têm apresentado vários protótipos de veículos híbridos plug-in em eventos e congressos, porém poucos modelos estão sendo comercializados no mercado. A tabela 3.1 apresenta a previsão de lançamento destes veículos a partir do final de 2010 no mercado norte-americano. Segundo (GAO, 2009), os VEHP deverão ser recarregados em uma tomada padrão de 110 V, com um tempo de recarga de 8 horas, dependendo do tamanho da bateria. Os fabricantes também planejam oferecer estes veículos com a opção de carregamento por uma tomada de 220 V, reduzindo desta forma o tempo de recarga pela metade (GAO, 2009).

Tabela 3-1: Modelos de veículos híbridos que serão lançados a partir de 2010

Fabricante	Tipo de powertrain	Modelo	Segmento de mercado	Previsão de lançamento
Dodge	Híbrido	Ram	Picape	2010
Honda	Híbrido	CRZ	Compacto	2010
Hyundai	Híbrido	Sonata Hybrid	Grande	2010
Lincoln	Híbrido	MKZ	Médio	2010
Mercedes-Benz	Híbrido	ML450 Hybrid	SUV	2010
Porsche	Híbrido	Cayenne Hybrid	SUV	2010
Volkswagen	Híbrido	Touareg Hybrid	SUV	2010
Audi	Híbrido	Q5	SUV	2011
Chevrolet	Híbrido Plug-in	Volt	Médio	2011
BMW	Híbrido	5 Series ActiveHybrid	Médio	2011
Honda	Híbrido	Fit Hybrid	Compacto	2010*
Buick	Híbrido Plug-in	Buick	SUV	2011
Hummer	Híbrido Plug-in	H3 Hybrid	SUV	2011
Infiniti	Híbrido	M35	Grande	2011
Kia	Híbrido	Optima Hybrid	Médio	2011
Volkswagen	Híbrido	Jetta Hybrid	Compacto	2012
Volkswagen	Híbrido	Golf Hybrid	Compacto	2013
Volkswagen	Híbrido	Passat Hybrid	Médio	2013

Fonte: EPA (2010)

3.4.4 VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO A PILHA COMBUSTÍVEL (VEHPC)

O VEHPC é sistema de propulsão que apresenta a maior incerteza quanto a sua viabilidade econômica e difusão no mercado no longo prazo, devido a uma série de desafios técnicos e obstáculos em relação à modificação da atual infraestrutura de abastecimento. Esta tecnologia não foi abordada na pesquisa de campo com as montadoras em decorrência da imprevisibilidade de sua difusão.

A pilha a combustível é um dispositivo de geração de energia que transforma a energia química contida em um combustível em energia elétrica, operando de forma semelhante a uma bateria ou pilha galvânica, onde ocorre uma reação eletroquímica³⁴ que gera eletricidade. A reação ocorre em uma membrana de troca de prótons, onde o hidrogênio e oxigênio reagem para produzir eletricidade e água. A pilha a combustível é diferenciada pelo tipo de eletrólito, fato que determina a temperatura de operação da célula. A célula do tipo PEM (*Próton Exchange Membrane*) tem recebido maior atenção para aplicações em veículos por causa de seu tamanho reduzido, baixo peso e operação em temperaturas relativamente baixas, cerca de 80° C. O custo atual aproximado destas membranas é de US\$ 45/kW (FRENETTE e FORTHOFFER, 2009). Um dos desafios é reduzir este custo e solucionar alguns problemas técnicos³⁵ para torná-las competitivas (SPIEGEL, 2004).

Os VEHPC podem utilizar o hidrogênio como combustível veicular a partir de duas alternativas: o sistema direto no qual o H₂ é estocado e convertido na pilha a combustível para utilização direta, e o sistema indireto, no qual o hidrogênio é gerado a bordo através de um sistema de reforma que converge os compostos orgânicos hydrogenados, tais como os hidrocarbonetos (gasolina, diesel, gás natural) e alcoóis (metanol, etanol) em hidrogênio, evitando assim a necessidade de estocagem do gás no veículo.

Os maiores obstáculos para a introdução dos VEHPC consistem na falta de infraestrutura para transporte, distribuição do hidrogênio em grandes quantidades e a

³⁴ A diferença básica entre uma reação eletroquímica e uma reação química é que nesta última os reagentes são postos em contato físico direto para que ocorra a troca de elétrons e a formação de novas ligações entre os íons. Na reação eletroquímica, os íons são trocados via um eletrólito não havendo contato com os reagentes, e os elétrons são transportados por um circuito externo.

³⁵ Como por exemplo, a presença de enxofre na gasolina que pode contaminar este tipo de membrana.

falta de um adequado meio de estocagem³⁶ do H₂ a bordo (FRENETTE e FORTHOFFER, 2009).

Existem atualmente vários meios de se armazenar o hidrogênio. Uma das formas de armazenagem mais pesquisadas é através de hidretos metálicos. Neste sistema os metais (Mg,Ni,Ti) absorvem o hidrogênio gasoso sob condições de alta pressão e temperatura moderada, formando os hidretos. Dessa maneira, o benefício do armazenamento consiste no fato de que o hidrogênio passa a fazer parte da estrutura química do metal, dispensando altíssimas pressões ou temperatura criogênica para operar.

A tabela 3.2 resume as eficiências de consumo avaliadas nas últimas seções:

Tabela 3-2: Tecnologias de caráter incremental e radical para aplicação no ciclo Otto

Tecnologias	Potencial de aumento da eficiência de consumo
Downsizing do Motor e Supercharging	3-8%
Injeção Direta	10-15%
HCCI - Homogeneous Charge Compression-Ignition	15%
Comando Variável de Válvula (VVT&L)	3-8%
Variador do Tempo de Válvula (VVT)	2-3%
Desativação de Cilindros	4-6%
Motor sem Árvore de Cames (Camless Valve Actuation - CVA)	5-10%
Razão de Compressão Variável (VCR)	2-6%
Transmissão Variável Contínua (CVT)	4-6%
Transmissão automática em seis velocidades	1-2%
Transmissão automática/manual (AST/AMT)	4-8%
Redução do coeficiente de arraste aerodinâmico (10%)	1-2%
Resistência de rolamento (10%)	1-2%
Redução da Massa do Veículo (10%)	7%
Sistema elétrico do veículo mais avançado	1%

³⁶ O hidrogênio apresenta o maior conteúdo energético dentre todos os combustíveis (141,8 MJ/kg) e baixíssima densidade (~90 g/m³). Por ser o elemento com a menor dimensão física, o hidrogênio passa facilmente pela estrutura molecular de vários tipos de materiais provocando fissuras.

($\geq 42V$)	
Partida integrada/gerador (ISG).	5-10%
Veículos híbridos	30%

Fonte: NHTSA (2009), ICCT (2010), NCR (2002).

3.5 POSSÍVEIS TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS DOS SISTEMAS DE PROPULSÃO

Os cenários apresentados nesta seção (BANDIVADEKAR et al, 2008, NAS, 2009; IEA, 2009; MCKINSEY, 2009) apresentam significativas diferenças de penetração de mercado dos novos sistemas de propulsão.

Estudos desenvolvidos em departamentos³⁷ de pesquisas norte-americanos de BANDIVADEKAR et al, (2008), KASSERIS (2006), KASSERIS e HEYWOOD (2007); NAS (2009) indicam que os MCIs serão o principal sistema de propulsão nos próximos 25 anos e a introdução de tecnologias automotivas incrementais será provavelmente o caminho mais utilizado para o aumento da eficiência de consumo na frota de veículos leves. De acordo com estes estudos, os valores de eficiência de consumo dos motores do ciclo Otto e diesel deverão ser cada vez mais próximos. Isso poderá ocorrer dado que o avanço tecnológico nos MCIs convencionais a gasolina ocorrerá mais rapidamente do que nos motores a diesel, devido ao maior número de tecnologias disponíveis para o aumento da eficiência energética nestes motores, especialmente pelo gradual *downsizing* do motor a gasolina e adição de um turbocompressor (KASSERIS e HEYWOOD, 2007). Além disso, os motores a diesel deverão atender às exigências mais rígidas em termos de emissões, que poderão causar alguma perda de eficiência de consumo (NAS, 2009).

Num horizonte de 20 a 30 anos, os VEHs oferecerão ganhos cada vez maiores na redução do consumo de combustível e preços-prêmio menores. Os veículos híbridos e híbridos plug-in poderão ser uma “ponte” para a introdução de outras tecnologias de propulsão mais avançadas, como os veículos com propulsão elétrica pura (VE) ou híbridos a pilha combustível (VEHPC).

Para NAS (2009), ainda é incerto se os VEs e os VEHPC irão substituir os MCIs no longo prazo. Tais veículos continuarão a ter alto custo e outras limitações técnicas e

³⁷ Massachusetts Institute of Technology (MIT) e National Research Council (NRC).

de infra-estrutura. Adicionalmente, a pequena penetração de mercado destes veículos no curto e médio prazo implicará em baixo impacto na redução de uso de combustível fóssil no setor de transporte e emissões atmosféricas (NAS, 2009).

Segundo BANDIVADEKAR et al, (2008), uma autonomia de 200 milhas (320 km) de um veículo elétrico requer um conjunto de baterias que aumenta o peso do veículo, e conseqüentemente, o consumo de combustível. Segundo a perspectiva do estudo da NAS (2009), dependendo da fonte de energia elétrica para a recarga das baterias, a introdução de tais veículos resulta em pouca redução da emissão de GEEs em relação aos avanços tecnológicos que podem ser realizados nos veículos convencionais a gasolina, considerando o ciclo do poço-a-roda (*Well-to-Wheel*).

Outros estudos (IEA, 2009; MCKINSEY, 2009), apresentam uma difusão mais rápida dos novos sistemas de propulsão híbrido plug-in e elétrico puro.

O estudo da MCKINSEY (2009) considera três cenários para a difusão de novas tecnologias até 2030 e reduções de emissões de CO₂.

O primeiro cenário consiste na melhoria da eficiência energética do motor de combustão interna através de três pacotes tecnológicos, obtendo 11% de redução de CO₂ em relação a 2006. As tecnologias apresentadas neste cenário já estão disponíveis aos fabricantes atualmente e podem elevar a eficiência de consumo dos MCI a gasolina em 39% a um custo de US \$3800,00.

O segundo cenário assume uma combinação mais balanceada de tecnologias incluindo a otimização do MCI, veículos híbridos e veículos elétricos, obtendo uma redução de 18% das emissões de CO₂.

O terceiro cenário considera uma porcentagem de mercado de 8% de VEs, 24% de veículos plug-in, 28% de veículos híbridos (VEH) e 40% de veículos MCI otimizados até 2030, obtendo 22% de redução em comparação a 2006.

O cenário desenvolvido pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2009) projeta um crescimento de vendas dos veículos híbridos plug-in e veículos elétricos a partir de 2010. Este cenário assume que até 2050 haverá uma redução das emissões de CO₂ de 50% em relação ao nível de 2005. Entre 2010 a 2015, os modelos de VE e VEHP serão introduzidos com baixo volume de produção. Mas a partir de 2020, poderá ocorrer uma rápida difusão destes veículos, em decorrência do ganho de experiência na fabricação e comercialização das novas tecnologias, bem como o estabelecimento de políticas públicas, conforme será discutido nos capítulos 4 e 5.

Segundo IEA (2009), em 2020, estes veículos poderão atingir uma venda anual de 2,5 milhões de unidades de VEs e 5 milhões de veículos VEHP. Até 2030, os veículos elétricos alcançarão vendas anuais de 9 milhões e os veículos plug-in de 25 milhões de unidades. Após 2050, as vendas anuais destes veículos somados poderão chegar a 50 milhões de veículos. Segundo IEA (2009), as projeções são ambiciosas, mas plausíveis desde que políticas energéticas eficazes sejam estabelecidas, incluindo a provisão de infra-estrutura de abastecimento destes veículos.

Neste sentido, o estudo da IEA (2009) ressalta os recentes anúncios oficiais de alguns governos sobre a difusão do veículo elétrico e do veículo plug-in. A China, os Estados Unidos e a França estão entre os governos que mais farão investimentos em P&D nos próximos 5 anos, além do estabelecimento de renúncia fiscal e incentivos aos consumidores que adquirirem tais veículos (IEA, 2009).

Na Europa, a comissão Europeia está patrocinando vários programas de pesquisa de desenvolvimento de VEs e outros sistemas de propulsão alternativos. A Associação de veículos rodoviários elétricos europeus (AVERE) e a Associação das Cidades Interessadas no Uso de veículos elétricos (CITELEC) receberam fundos da Comissão Europeia para a pesquisa de novos sistemas de propulsão (T&E, 2009).

Nos Estados Unidos, o governo norte-americano destinou³⁸ um fundo de US\$ 2 bilhões para a fabricação de baterias de íon-lítio, sistemas híbridos elétricos e softwares relacionados. A administração deste fundo está a cargo do Departamento de Energia (DOE) (GAO, 2009).

Em 2007, o congresso norte-americano estabeleceu o programa de empréstimo subsidiado para tecnologias avançadas de veículos (*Advanced Technology Vehicle Manufacturing* - ATVM) para as montadoras e indústria de auto-peças visando re-equipar linhas de produção obsoletas ou construir novas linhas de produção que levarão a produzir automóveis 25% mais eficientes dos que os veículos produzidos em 2005 (GAO, 2009).

³⁸ Através da legislação *American Recovery and Reinvestment Act* (ARRA).

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentadas diversas tecnologias que podem incrementar a eficiência de consumo do motor de combustão interna do ciclo Otto, assim como inovações radicais, que podem substituí-lo no longo prazo, como os veículos elétricos e a pilha combustível.

De acordo com os três cenários apresentados neste capítulo, as reduções do consumo de combustível na frota de veículos leves devem ocorrer principalmente a partir de introduções de tecnologias incrementais nos motores a gasolina e a diesel, e também e através da difusão de veículos híbridos até 2020 (NAS, 2009).

No período entre 2020 a 2030-2035, as mudanças no *powertrain* e outras tecnologias automotivas devem se tornar viáveis e superar o nível incremental. Os VEHP poderão ter uma significativa fração das vendas de veículos novos, assim como os VEs atingirão maior porcentagem no mercado. No longo prazo (após 2030-2035), maior desenvolvimento da infra-estrutura de distribuição e condições de suprimento de hidrogênio poderão tornar a difusão dos veículos híbridos movidos a pilha combustível. Porém, para BANDIVADEKAR et al (2008) e MCKINSEY (2009) ainda existem muitas incertezas quanto à difusão do veículo a pilha combustível no longo prazo.

CAPÍTULO 4: PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VEICULAR

O principal objetivo deste capítulo é analisar a experiência internacional na introdução de padrões de eficiência energética. Inicialmente este capítulo descreve sucintamente a metodologia de formulação e implantação de padrões de eficiência energética, desenvolvida pela CLASP³⁹. Em seguida são analisados os padrões de eficiência energética estabelecidos nos Estados Unidos, União Européia, Japão e China.

4.1 INTRODUÇÃO

Os padrões de eficiência energética para veículos leves podem ser definidos como regulamentos que estabelecem metas limites de desempenho energético, baseados em um procedimento de teste específico. Os tipos de padrões identificados na literatura compreendem os padrões prescritos, os padrões de índices mínimos de desempenho e os padrões médios.

Os padrões prescritos exigem a instalação de determinada característica ou dispositivo, por exemplo, a obrigatoriedade de uso de um determinado acessório em todos os novos equipamentos produzidos. A averiguação da adoção do padrão é simples, já que ele requer apenas a inspeção do produto.

Os padrões de índices mínimos de desempenho (*Minimum Energy Performance Standard* – MEPS) determinam a eficiência mínima ou o máximo consumo específico de energia que o fabricante deve atender em cada produto comercializado, sem especificação da tecnologia utilizada ou do dispositivo exigido no produto. Neste caso, análises técnicas são essenciais para a o alcance das metas estabelecidas pelo padrão. Duas análises básicas apóiam a introdução deste padrão: a análise estatística e a análise de engenharia.

³⁹ A CLASP (*Collaborative Labeling and Appliance Standards Program*) é uma associação independente e sem fins lucrativos, tendo como objetivo auxiliar o desenvolvimento de programas de etiquetagem e padrões de eficiência energética. O guia da CLASP (WIEL e MCMAHON, 2005) é uma das principais referências para a elaboração de padrões de eficiência energética e programas de etiquetagem.

Os padrões médios determinam índices médios de eficiência energética por classe ou tipo de produto fabricado, permitindo ao fabricante selecionar o nível de desempenho para cada modelo, desde que o total vendido atinja a média estabelecida. Este tipo de padrão requer mais informações e análises do que as outras abordagens de padronização, bem como a averiguação da conformidade é mais complexa.

Devido a fatores culturais, políticos e econômicos, vários países e regiões adotaram estruturas regulatórias distintas para os padrões de eficiência energética veicular. Os padrões adotados distinguem-se quanto ao modo de implantação, classificação dos veículos, grau de severidade, método de teste utilizado, entre outras características. Alguns países, por exemplo, adotaram padrões baseados no máximo consumo específico dos veículos, tal como litros de gasolina por cem quilômetros trafegados (l/100-km) ou padrões baseados no limite mínimo da autonomia do veículo em quilômetros por litro de combustível (km/l) ou em milhas por galão de combustível (mpg). Outros países adotaram padrões de emissões, expressos em gramas de CO₂ por km (gCO₂/km).

4.2 ETAPAS DO PROCESSO DE ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

WIEL e MCMAHON (2005) definiram uma seqüência de etapas para o estabelecimento de um padrão de eficiência energética, que são descritas a seguir.

1. Primeira etapa: decidir se é necessário e como implantar os padrões

A partir da verificação da necessidade de implementar um programa de padronização, o próximo passo está associado à existência de leis e regulamentos que permitam o estabelecimento do padrão, bem como a presença de uma instituição que possa coordenar as etapas subseqüentes do processo de implantação do programa. Tal instituição ou agência do governo deve ter legitimidade para estabelecer o padrão, dispor de um adequado orçamento e profissionais qualificados para a sua implementação.

Nesta etapa também são definidos os objetivos, cronograma e prazos das fases do programa, relatórios de avaliação dos impactos do padrão e o modo de intervenção

(compulsório ou voluntário). Um padrão compulsório pode gerar divergências entre fabricantes e os agentes envolvidos, na medida em que os força a introduzir produtos mais eficientes do que geralmente eles aplicariam no mercado. Neste sentido, tais divergências devem ser tratadas e resolvidas nas etapas iniciais de negociações, já que os fabricantes podem prejudicar o andamento do processo.

Para facilitar as negociações e justificar a importância do programa, devem ser feitas análises dos impactos potenciais sobre o consumo de energia, meio ambiente, preços dos produtos, e as tecnologias a serem incorporadas aos equipamentos. As análises também são importantes para aperfeiçoar o desenho do padrão ou programa de etiquetagem. Outras instituições também devem participar desta tarefa, tendo em vista que geralmente uma única instituição não dispõe de todos os dados, bem como de todas as competências requeridas no processo de estabelecimento do programa.

2. Segunda etapa: desenvolvimento da capacidade de testes de conformidade

A segunda etapa se refere à existência dos procedimentos de testes do produto para que se possam comprovar os índices estabelecidos nos produtos fabricados. Os produtos de cada fabricante precisam ser avaliados da mesma forma, e isso requer uma estrutura de laboratórios de teste confiável.

O consumo específico e as emissões são medidos conforme um protocolo padronizado de teste que fornece medições consistentes do consumo energético e emissões do veículo. Os testes dos laboratórios privados devem ser acreditados e reconhecidos. Os custos do governo são reduzidos quando os governos delegam a tarefa dos testes ao setor privado, conduzindo somente a auditoria (por amostragem) dos veículos submetidos aos testes.

Alguns países desenvolveram seu próprio protocolo de teste conforme o ciclo de condução que reflete os padrões de direção dos veículos em uso em cada país. Os testes de condução diferem em relação aos fatores que afetam a eficiência energética tais como velocidade média, forma de aceleração e desaceleração, frequência de paradas e partidas, duração, entre outros, de modo a representar os padrões de direção dos veículos em uso em cada um destes países.

3. Terceira etapa: analisar e estabelecer os padrões

Um padrão deve ser formulado para eliminar modelos ineficientes do mercado, evitar importação de produtos ineficientes e encorajar importadores e fabricantes locais a desenvolver produtos mais eficientes. Para tanto, diversas análises deverão ser feitas:

- **Análise de Engenharia:** consiste na avaliação do desempenho energético dos produtos atualmente vendidos no país, a viabilidade técnica e econômica das opções tecnológicas e a avaliação do impacto de cada opção no desempenho geral do produto.
- **Análise do mercado:** este método pode ser usado quando é difícil realizar uma análise de engenharia ou quando for útil corroborar os resultados da análise de engenharia.
- **Análise de Impacto Nacional:** avalia os custos e benefícios sociais do padrão proposto; avalia os impactos nas concessionárias de energia com a redução do consumo energético; os impactos no meio ambiente em termos da redução de poluentes emitidos
- **Análise do consumidor:** estabelece os impactos econômicos nos consumidores individuais com a implantação do padrão proposto.
- **Análise do fabricante:** previsão dos impactos do programa de padronização proposto nos fabricantes domésticos e estrangeiros e seus fornecedores.

4. Quarta Etapa: Monitoramento e fiscalização do cumprimento do padrão

Após a implantação de um programa de padronização ou etiquetagem, é necessário o monitoramento e fiscalização para que o programa não perca a credibilidade do consumidor, bem como sua efetividade. O monitoramento está relacionado a todas as atividades que assegurem que os produtos dos fabricantes atendem ao padrão estabelecido. A fiscalização do padrão refere-se a todas as atividades que lidam com os problemas do seu descumprimento por fabricantes, distribuidores e varejistas. O estabelecimento de penalidades é necessário para tratar os casos de violação da legislação, porém somente serão eficazes se houver mecanismos de monitoramento

e fiscalização do programa. As penalidades podem variar de uma advertência a altas multas por não atendimento ao programa de padronização ou etiquetagem, dependendo do tipo de violação ou o grau de negligência do fabricante (WIEL e MCMAHON, 2005).

5. Quinta Etapa: avaliação

Avaliar o impacto do programa junto ao público, fabricantes e instituições participantes, de modo que seja constantemente atualizado para produzir o resultado esperado. Os programas de padronização e etiquetagem devem ser continuamente revisados e ajustados, de modo a garantir o progresso em direção às metas de desempenho energético. Assim, um processo de revisão aberto e transparente ajuda a garantir que os fabricantes possam minimizar os custos de adaptação aos requisitos destes programas.

As próximas seções analisam as características e impactos dos padrões de eficiência energética veicular implementados nos países da União Européia, Estados Unidos, Japão e China. Estes países foram escolhidos devido às diferentes estruturas regulatórias e impactos provocados na frota de veículos leves.

4.3 ANÁLISE DA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

4.3.1 ESTADOS UNIDOS

A primeira regulação sobre padrões de eficiência energética para veículos leves foi instituída nos Estados Unidos em 1975, em função da crise do petróleo de 1973. A lei de Política e Conservação de Energia⁴⁰ estabeleceu o programa CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) para os novos automóveis e veículos leves, com o objetivo de reduzir a dependência do país à importação de petróleo (MACKENZIE et al, 2005; NRC, 2002).

⁴⁰ Energy Policy and Conservation Act (EPCA).

Três décadas após a implantação do CAFE, o setor de transporte norte-americano permanece quase totalmente dependente dos combustíveis fósseis, responsável por 68% do petróleo consumido nos Estados Unidos (GAO, 2007).

Enquanto os padrões de emissões atmosféricas foram sendo continuamente reajustados, os padrões de consumo de combustível para os automóveis permaneceram com a meta de 27,5 mpg entre 1985 até o ano-modelo de 2010. O primeiro aumento das metas do padrão CAFE para os automóveis irá ocorrer para os automóveis do ano-modelo 2011 (GAO, 2010). A seção 4.3.1.3 abordará as recentes modificações no CAFE realizada pela administração Obama em 2009.

4.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO NORTE-AMERICANO

A regulação do padrão CAFE estabelece metas de eficiência energética obrigatórias para cada fabricante em milhas por galão. A eficiência energética média da frota de um fabricante, ponderada pelo número de veículos fabricados, deve ser maior ou igual a meta do padrão CAFE.

A meta de eficiência é diferenciada conforme o tipo⁴¹ de veículo: mínimo de 27,5 mpg para os automóveis (*passenger cars*), e mínimo de 23,5 mpg⁴² para os comerciais leves (*light trucks*). A frota de automóveis importados⁴³ é separada do cálculo do padrão dos automóveis domésticos, tendo a meta de 27,5 mpg (GAO, 2007).

A administração do CAFE é distribuída entre dois órgãos federais norte-americanos: *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) e *Environmental Protection Agency* (EPA). A EPA é responsável por verificar a conformidade dos testes de condução realizados nos dinamômetros dos fabricantes (por amostragem) e consolidar os dados de consumo de todos os relatórios das montadoras anualmente, repassando-os para a NHTSA que poderá aplicar as penalidades civis caso o fabricante não atenda ao padrão. A multa cobrada por violação do padrão é de

⁴¹ A regulação do CAFE considera os automóveis como veículos de quatro rodas para transporte de até 10 passageiros, não destinados ao uso fora da estrada, com peso de carga máxima do veículo de até 8.500 lbs (3.856 kg). Os comerciais leves (*light trucks*) são veículos destinados principalmente para funções de carga e para uso fora da estrada, com peso de carga máximo do veículo de até 8.500lbs (NHTSA, 2006).

⁴² Meta de 2010 para o padrão não reformado.

⁴³ Um automóvel precisa ter 75% do seu conteúdo fabricado nos Estados Unidos, Canadá e México para pertencer à frota doméstica. Os comerciais leves não seguem esta regra.

US\$50,00 para US\$55,00 por veículo para cada mpg abaixo do padrão determinado para a frota do fabricante (GAO, 2007).

A regulação do CAFE estabelece um sistema de créditos⁴⁴ para os fabricantes, quando a média de economia de combustível da frota de automóveis ou comerciais leves de um determinado ano-modelo excede o padrão estabelecido para aquele ano. Estes créditos poderão ser usados nos três anos seguintes ou nos três anos anteriores. A efetividade do CAFE é uma questão controversa em alguns estudos (BRADBOOK, 1999; MACKENZIE et al, 2005). BRADBOOK (1999) sugere que o aumento da eficiência energética da frota norte-americana se deve ao aumento do preço do petróleo, um dos fatores mais influentes para o consumidor na escolha de veículos menores e mais econômicos. Mackenzie et al (2005) aponta uma série de distorções no mercado automotivo devido à introdução do CAFE. Entretanto, NRC (2002) considera que a introdução do padrão foi importante para manter o nível de eficiência energética de frota na época em que os preços da gasolina tiveram forte queda, e muitos consumidores optaram pela compra de veículos comerciais leves, que satisfaziam sua preferência por maior espaço. NCR (2002) concluiu que se o CAFE não tivesse sido adotado, os fabricantes teriam produzidos veículos menos eficientes que a maioria dos veículos atuais. Alguns estudos (ONADA, 2008, PLOTKIN, 2009) apontam que a efetividade do programa também se deve ao fato do padrão ser compulsório, ao invés de voluntário.

A partir do ano de 2002, a eficiência média no consumo de combustível da frota total de veículos leves nos Estados Unidos apresentou uma pequena elevação, alcançando 29,2 mpg em 2010. Neste mesmo ano, o desempenho da frota de automóveis foi de 33,8 mpg, enquanto os comerciais leves apresentaram 24,9 mpg (NHTSA, 2010), conforme a tabela 4.1.

Tabela 4-1: Economia de combustível em milhas por galão (mpg) dos automóveis e comerciais leves entre 1978 a 2010

⁴⁴ A quantidade de créditos que o fabricante pode receber é determinada pela multiplicação de décimos de milha por galão que o fabricante excede o padrão em um ano-modelo pela quantidade de veículos fabricados naquele ano.

Ano	Frota Total	Automóveis	Automóveis Domésticos	Automóveis Importados	Comerciais Leves
1978	19.9	19.9	18.7	27.3	
1979	20.1	20.3	19.3	26.1	18.2
1980	23.1	24.3	22.6	29.6	18.5
1981	24.6	25.9	24.2	31.5	20.1
1982	25.1	26.6	25.0	31.1	20.5
1983	24.8	26.4	24.4	32.4	20.7
1984	25.0	26.9	25.5	32.0	20.6
1985	25.4	27.6	26.3	31.5	20.7
1986	25.9	28.2	26.9	31.6	21.5
1987	26.2	28.5	27.0	31.2	21.7
1988	26.0	28.8	27.4	31.5	21.3
1989	25.6	28.4	27.2	30.8	21.0
1990	25.4	28.0	26.9	29.9	20.8
1991	25.6	28.4	27.3	30.1	21.3
1992	25.1	27.9	27.0	29.2	20.8
1993	25.2	28.4	27.8	29.6	21.0
1994	24.7	28.3	27.5	29.6	20.8
1995	24.9	28.6	27.7	30.3	20.5
1996	24.9	28.5	28.1	29.6	20.8
1997	24.6	28.7	27.8	30.1	20.6
1998	24.7	28.8	28.6	29.2	21.0
1999	24.5	28.3	28.0	29.0	20.9
2000	24.8	28.5	28.7	28.3	21.3
2001	24.5	28.8	28.7	29.0	20.9
2002	24.7	29.0	29.1	28.8	21.4
2003	25.1	29.5	29.1	29.9	21.8
2004	24.6	29.5	29.9	28.7	21.5
2005	25.4	30.3	30.5	29.9	22.1
2006	25.8	30.1	30.3	29.7	22.5
2007	26.6	31.2	30.6	32.2	23.1
2008	27.1	31.6	31.2	32.1	23.6
2009	28.8	32.6	32.8	32.4	24.6
2010	29.2	33.8	32.8	35.2	24.9

Fonte: NHTSA (2010)

Em 2006, a NHTSA reestruturou o programa CAFE para os comerciais leves para os anos-modelo 2008-2011, estabelecendo diferentes metas de eficiência energética para os vários tamanhos dos comerciais leves (GAO, 2007). As novas metas foram estabelecidas de acordo com a área da base do veículo (*footprint*), que compreende a distância da largura entre os centros dos pneus multiplicada pela distância entre os centros dos eixos do veículo.

Para facilitar a adaptação dos fabricantes no período de transição do modelo reformado, foram estabelecidos padrões chamados de “não-reformados”⁴⁵ para os anos de 2008 a 2010. Assim os fabricantes entre 2008 a 2010 podem optar entre as duas estruturas de padronização: a antiga que segue a forma tradicional do CAFE e a

⁴⁵ O padrão “não reformado” estabelece os valores de 22,5 mpg para 2008; 23,1 mpg para 2009; e 23,5 mpg para 2010.

nova estrutura reformada que segue a meta baseado no atributo da área da base. A partir do ano-modelo 2011, a nova estrutura do CAFE será compulsória e passará a contemplar os veículos comerciais médios com peso entre 8.500 e 10.000 lbs (3.850 kg a 4500 kg) (GAO, 2007).

4.3.1.2 IMPACTOS DO PADRÃO NA FROTA DE VEÍCULOS LEVES

Os padrões CAFE produziram uma série de distorções no mercado automotivo norte-americano, em decorrência de falhas na sua estrutura regulatória e da falta de reajustes de suas metas de eficiência energética (PLOTKIN, 2009). As seguir são descritos os principais fatores que minimizaram o potencial de redução do consumo de petróleo, emissões de CO₂ e ganhos de eficiência energética na frota norte-americana.

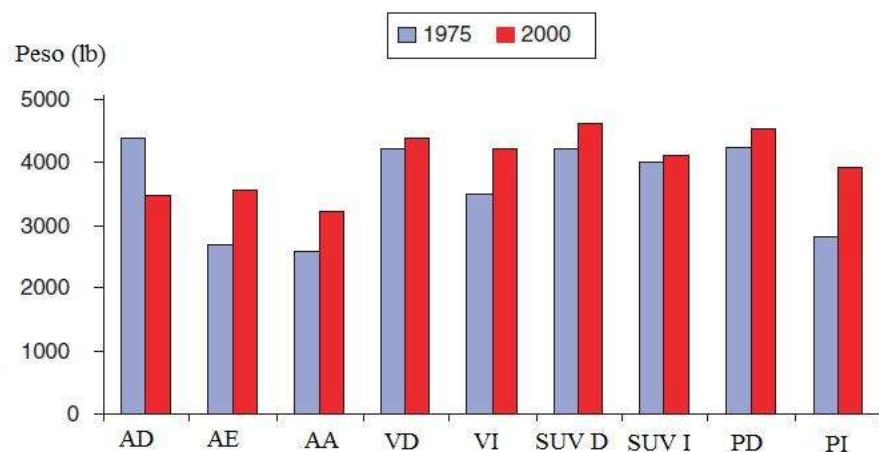
1. Falta de um reajuste dinâmico das metas

Por duas décadas as metas de eficiência energética do CAFE não sofreram aumento. A falta de ajuste do padrão associado à diminuição do preço da gasolina, a partir de meados da década de 80, foi um dos principais motivos para a estagnação dos níveis de economia de combustível da frota norte-americana na década de 90 (NCR, 2002). O ajuste à padronização do CAFE não foi uma dificuldade para as montadoras que fabricavam os veículos importados⁴⁶, pelo menos até 1995. Ao contrário, o padrão serviu aparentemente para incentivar a diminuição da eficiência energética da frota destas montadoras, a partir do aumento do tamanho dos seus modelos na década de 90 (NCR, 2002).

Em 1975, 46% dos carros vendidos no mercado doméstico eram compactos, enquanto 95% dos carros europeus e 100% dos carros asiáticos possuíam modelagem compacta. A média da eficiência energética dos carros estrangeiros era 50% maior do que a média doméstica americana e seu peso era 40% menor, cerca de 1.700 libras (NRC, 2002). Entre 1975 a 2000, as diferenças das características dos

⁴⁶ Os veículos leves importados começaram a ganhar significativa porcentagem de mercado a partir de meados da década de 70. A porcentagem de mercado dos automóveis estrangeiros aumentou de 18% em 1975 para 29% em 1980.

produtos estrangeiros e domésticos se tornaram bem menor. A figura 4.1 mostra a convergência do peso dos veículos domésticos e importados.



Notas: AD - automóvel doméstico; AE - automóvel importado europeu; AA - automóvel importado asiático; VD - van doméstica; VI - van importada; SUV D - SUV doméstico; SUV I - SUV importado; PD - picape doméstica; PI - picape importada.

Figura 4-1: Peso médio dos veículos domésticos e importados nos EUA.

Fonte: NRC (2002)

A falta de um sistema dinâmico de reajuste dos padrões CAFE provocou uma desaceleração da efetividade do programa (GAO, 2007). O objetivo da introdução de novas tecnologias automotivas foi compensar o aumento do peso e potência dos veículos, e não aumentar a eficiência energética da frota, principal objetivo de um padrão de eficiência energética. A figura 4.2 mostra o aumento de peso e potência da frota de comerciais leves norte-americana.

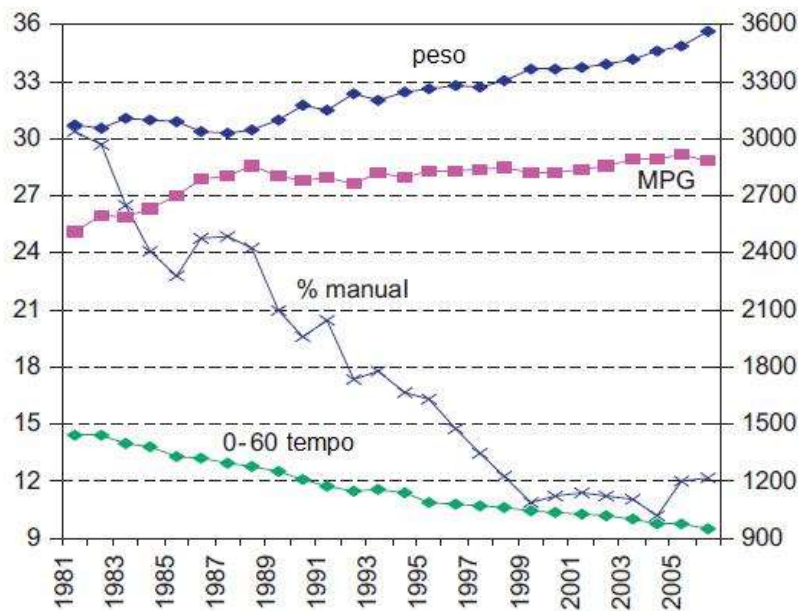


Figura 4-2: Mudanças na frota norte-americana de automóveis entre 1981-2007

Fonte: PLOTKIN (2009)

2. Distinção da meta de eficiência energética para automóveis e comerciais leves

A falha mais criticada na vasta literatura sobre os impactos da introdução do CAFE é a diferenciação das metas de eficiência energética por tipo de veículo (PLOTKIN, 2009; MACKENZIE et al, 2005). A menor rigidez das metas para os comerciais leves forneceu grandes incentivos para os fabricantes investirem nos veículos desta categoria.

A distinção entre os tipos de veículos foi originalmente incluída na legislação do CAFE quando os veículos utilitários eram apenas uma pequena porcentagem da frota, usados principalmente para o transporte de carga leve por donos de pequenos negócios. A partir de meados da década de 80, os SUVs, minivans e picapes começaram a ser usados como carros de passeio. Posteriormente, os fabricantes introduziram os modelos *crossover*, que combinam características dos comerciais leves (plataforma mais elevada e/ou tração quatro rodas) e automóveis (GAO, 2007).

Cabe ressaltar que o CAFE não foi o único responsável pelo crescimento das vendas dos comerciais leves. As vans e SUVs eram veículos atrativos às famílias que moravam mais afastadas da cidade, bem como poderiam gerar maiores margens de

lucro aos fabricantes. Os primeiros SUVs, por exemplo, eram adaptações de vans e picapes de baixo custo (MACKENZIE et al, 2005; PLOTKIN, 2009). Com a adição de novos acessórios e poucas modificações no desenvolvimento de projeto⁴⁷, tais veículos agradaram ao consumidor norte-americano e intensificaram os lucros das montadoras neste segmento. Além disso, os comerciais leves eram um nicho de mercado atrativo para os fabricantes domésticos devido a pouca competição estrangeira neste segmento (NRC, 2002). Em 2004, as montadoras GM, Chrysler e Ford foram responsáveis pela maioria das vendas deste segmento no mercado norte-americano. Em 2005, os comerciais leves representaram 50% das vendas de novos veículos nos Estados Unidos (GAO, 2007). A figura 4.3 mostra o aumento da porcentagem de mercado dos comerciais leves na frota de novos veículos.

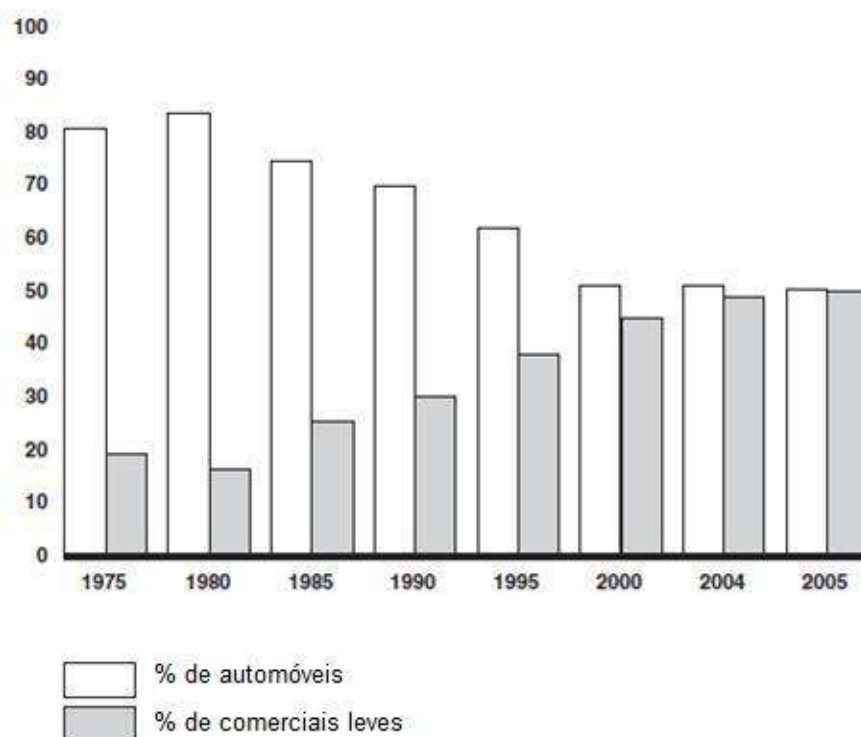


Figura 4-3: Aumento da porcentagem de mercados de comerciais leves na venda de novos veículos nos Estados Unidos

Fonte: GAO (2007)

⁴⁷ Segundo Mackenzie et al, (2005), as minivans, por exemplo, são adaptações de vans de carga de baixo custo.

3.Exclusão dos comerciais médios do atendimento da meta de eficiência energética

Segundo MACKENZIE et al (2005), a isenção do cumprimento do padrão de eficiência energética para os veículos com peso de carga máxima entre 8.500 a 10.000 libras (3.856 a 4.536 kg) pode ter sido a pior imperfeição do programa CAFE.

Até 2007, os padrões somente se aplicavam a veículos com peso de até 8500 lbs, e assim, grandes vans, picapes e SUVs, tais como Ford Excursion, Suburban 2500, Express G 2500, Hummer H2, estiveram isentos de qualquer meta de eficiência energética, bem como não estavam incluídos no programa de etiquetagem. Muitos veículos desta categoria, conhecida como Classe 2b ou CLDTs (*comercial light duty trucks*)⁴⁸, convenientemente excederam o limite de 8.500 libras em apenas 100 libras, como mostra a tabela 4.2.

Tabela 4-2: Exemplos de veículos da classe CLTD

Fabricante	Modelo	Peso Bruto (lbs)
Chevrolet	Avalanche 2500	8,600
Chevrolet	Express G2500	8,600
Chevrolet	Silverado 1500 Crew Cab	8,600
Chevrolet	Suburban 2500	8,600
Dodge	Ram 2500	8,650
Ford	Econoline E250 Super Duty Van	8,600
Ford	Excursion	8,600
GMC	Savana G2500	8,600
GMC	Yukon XL 2500	8,600
Hummer	H2	8,600

Fonte: MACKENZIE et al (2005)

⁴⁸ As caminhonetes são classificadas de acordo com o peso bruto (peso de carga máximo) do veículo. A Classe 1 compreende as caminhonetes com peso bruto de até 6000 lbs, que geralmente inclui as minivans, SUVs e pickups de pequeno porte. A Classe 2 é subdividida em Classe 2a (peso bruto de 6.001 a 8500 lbs) e Classe 2b (8.501 a 10.000 lbs). A Classe 2a compreende as pickups como a F-150, SUVs de médio a grande porte e vans, enquanto a Classe 2b incluiu os maiores SUVs (Suburban SUV), as pickups de carga pesada e as maiores vans. A NHTSA nomeia estes veículos como *medium-duty passenger vehicles*.

A falta de regulação para os veículos da classe CLTD acarretou um consumo maior de petróleo, incentivou a fabricação de SUVs ainda maiores para o uso como carros de passeio, bem como elevou os gastos de combustível para fazendeiros e outros empresários. Somente no ano de 2005, poderia ter sido evitado o consumo de 900 milhões de galões de combustível, e um prejuízo de cerca de dois bilhões de dólares para os consumidores (MACKENZIE et al, 2005).

4. Créditos aos veículos bicombustíveis

A produção de veículos bi-combustíveis (veículos flexfuel movidos a gasolina e E85)⁴⁹ permite aos fabricantes atender uma meta de eficiência energética menor para a frota de automóveis e comerciais leves do que a meta requerida pelo CAFE. Os fabricantes recebem incentivos na forma de créditos que possibilitam os fabricantes a aumentar o valor do cálculo da eficiência energética de sua frota⁵⁰ (GAO, 2007; MACKENZIE et al, 2005).

Neste caso, esse incentivo aos bicombustíveis enfraquece a efetividade do CAFE na redução do consumo de combustível, pois a maioria dos veículos bicombustíveis praticamente não são abastecidos com o E85 (GAO, 2007; MACKENZIE et al, 2005). Além disso, os fabricantes⁵¹ têm geralmente utilizado a tecnologia bicombustível em veículos maiores, com baixa eficiência energética, particularmente os comerciais leves (GAO, 2007). Cerca de 80% dos veículos flexfuel disponíveis nos anos-modelo de 2006 e 2007 são comerciais leves (GAO, 2007). A tabela 4.3 mostra alguns dos veículos que podem se beneficiar deste benefício.

⁴⁹ Combustível automotivo composto da mistura de 85% de etanol anidro e 15% de gasolina.

⁵⁰ Em média 1,2 mpg (GAO, 2007).

⁵¹ As principais montadoras que utilizam este recurso são a Daimler Chrysler, Ford e GM (MACKENZIE et al, 2005).

Tabela 4-3: Veículos flexfuel ano-modelo 2005

Fabricante	Modelo	Economia de combustível (mpg)
Chevrolet	Avalanche 2WD	18,7
Chevrolet	Avalanche 4WD	18,3
Chevrolet	Silverado 2WD	20,5
Chevrolet	Silverado 4WD	19,1
Chevrolet	Suburban 2WD	19,5
Chevrolet	Suburban 4WD	18,3
Chevrolet	Tahoe	19,9
Chevrolet	Tahoe	19,5
Dodge	Ram	15,9
Dodge	Ram	15,9
Ford	Explorer 2WD	19,5
Ford	Explorer 4WD	19,1
Ford	Explorer Sport 2WD	19,9
GMC	Sierra	19,1
GMC	Yukon	19,9
GMC	Yukon	19,5
Mercedes	C240	18,8
Mercedes	C240 Wagon	18,8
Mercedes	C320	18,8
Mercedes	C320	18,1
Nissan	Titan 2WD	18,4
Nissan	Titan 4WD	17,8

Fonte: MACKENZIE et al (2005)

5. Penalidades e Créditos decorrentes da violação do padrão

Desde 1997, não houve aumento da multa de violação de padrão e reajustes conforme a inflação do período. Segundo GAO (2007) e SHIAU (2009), a multa cobrada é insuficiente para o cumprimento do padrão. Entre 1983 até 2005, vinte e dois fabricantes⁵² pagaram multas, sendo que cinco destas montadoras pagaram multas dez vezes (GAO, 2007).

⁵² As multas têm sido pagas principalmente por fabricantes europeus.

Alguns especialistas do setor automobilístico consideram que o impacto negativo na imagem da montadora é mais relevante do que o prejuízo financeiro das multas (GAO, 2007). Para a NHTSA, os fabricantes que pagam multas geralmente produzem automóveis luxuosos ou “superesportivos” para um público que pode absorver o ônus das altas multas. Desta forma, o aumento da penalidade não necessariamente induziria estes fabricantes a produzir automóveis mais eficientes (GAO, 2007). No entanto, o estudo de SHIAU (2009) considera que o aumento da multa é relevante, e será necessária para o alcance da nova meta de eficiência energética combinada de 35,5 mpg proposta pela administração Obama (GAO, 2009)

4.3.1.3 REAJUSTES DO PADRÃO CAFE E PERSPECTIVAS DE RESULTADOS

Após décadas de estagnação do CAFE para automóveis, o Congresso norte-americano aprovou em 2007, a Lei de Independência e Segurança Energética (EISA), que elevou a meta da frota de novos veículos leves para 35,0 mpg em 2020, considerando automóveis e comerciais leves em uma única categoria (GAO, 2010). Em maio de 2009, a administração Obama anunciou uma nova proposta de padrões de eficiência energética que excede significativamente a meta da EISA. A proposta estabelece um programa nacional composto por metas definidas⁵³ pela EPA e pela NHTSA, que elevará a meta de eficiência energética da frota combinada de novos veículos leves para 35,5 mpg em 2016.

O estabelecimento dos novos padrões é resultado do acordo entre as montadoras, o estado da Califórnia e o governo federal. Sob este acordo, as montadoras concordaram em retirar os processos contra os padrões de emissões da Califórnia. Por sua vez, a Califórnia concordou em emendar⁵⁴ a lei AB 1493 conforme o novo

⁵³ A EPA está desenvolvendo as regras dos padrões de emissões sob o regimento da lei “*Clean Air Act*” e a NHTSA está desenvolvendo os novos padrões CAFE sob o regimento da lei “*Energy Policy and Conservation Act*” (EPA, 2010).

⁵⁴ Em 2002, a Califórnia promulgou a lei estadual AB 1493, na qual designou à CARB (*California Air Resources Board* - Agência de Proteção Ambiental da Califórnia) a tarefa de regulamentar a redução das emissões de gás de efeito estufa dos veículos automotores. Desta forma, a CARB estabeleceu em setembro de 2004, padrões de emissões expresso em gramas por milha de CO₂ equivalente, para automóveis e comerciais leves para os anos modelos entre 2012 a 2016. Em junho

padrão federal para os anos de 2012 a 2016. A partir de 2016, o padrão federal terá a mesma meta de eficiência energética que o padrão definido em 2004 para a Califórnia.

As metas abrangem os automóveis, comerciais leves e comerciais médios (*medium-duty passenger vehicles*), e são baseadas de acordo com o seu tamanho (*footprint*). A projeção da EPA para a média de emissões de CO₂ da frota de veículos leves no ano modelo de 2012 será de 295g por milha enquanto a média projetada para 2016 será de 250g CO₂ por milha, equivalente a 35,5 mpg.

Tabela 4-4: Metas em 2016 para os vários modelos de automóveis e comerciais leves

Segmento do mercado	Modelo	Área da base (sq. ft)	EPA CO ₂ (g/mi)	NHTSA (mpg)
Automóveis				
Compacto	Honda Fit	40	206	41.1
Médio	Ford Fusion	46	230	37.1
Grande	Chrysler 300	53	263	32.6
Comerciais Leves				
SUV pequeno	4WD Ford Escape	44	259	32.9
Crossover médio	Nissan Murano	49	279	30.6
Minivan	Toyota Sienna	55	303	28.2
Picape grande	Chevy Silverado	67	348	24.7

Fonte: EPA (2010)

A EPA e a NHTSA estimam que os custos médios adicionais que incorrerão sobre um veículo do ano-modelo 2016 serão aproximadamente US\$950 (EPA, 2010). No que tange a questão ambiental, espera-se reduzir em 960 milhões de toneladas métricas de CO₂ e conservar 1.8 bilhões de barris de petróleo, considerando a vida útil dos veículos vendidos entre 2012 a 2016 (EPA, 2010).

Os fabricantes terão uma série de mecanismos que darão maior flexibilidade para o atendimento do padrão, especialmente nos primeiros anos de vigência. A EPA e NHTSA esperam que tais mecanismos forneçam tempo suficiente para os fabricantes realizarem os aperfeiçoamentos tecnológicos e adequar seus custos sem

de 2009, a EPA permitiu que a Califórnia estabelecesse seus próprios padrões de emissões para os anos-modelos de 2009 a 2011 (GAO, 2009)

comprometer os objetivos ambientais e de conservação de combustível. Os seguintes mecanismos estão listados a seguir:

- Sistemas de troca de créditos entre a frota de automóveis e comerciais leves, e troca de créditos entre as montadoras.
- Durante os anos modelos de 2012 a 2015, os veículos flexfuel terão o mesmo sistema de créditos⁵⁵ delimitados pela lei EISA de 2007. Após o ano modelo de 2015, a EPA determinará os valores de emissões baseado na atual emissão do veículo operando com gasolina e nas emissões do combustível alternativo, baseado no atual uso do combustível alternativo.
- Padrões alternativos temporários opcionais para fabricantes com poucas linhas de produção, e que geralmente pagam multas por violação do CAFE. Tais padrões temporários serão menos rígidos visando fornecer mais tempo a estes fabricantes no cumprimento da meta para o ano-modelo de 2016.

4.3.2 UNIÃO EUROPÉIA

O transporte rodoviário constitui o segundo maior emissor de gases de efeito estufa na União Européia. Em 2005, o setor foi responsável por 20% das emissões das emissões de CO₂, sendo que 12% destas emissões são atribuídas aos veículos de passageiros (EC, 2007). Enquanto os setores industrial e agrícola diminuíram suas emissões entre 1990 a 2004, o setor de transporte aumentou suas emissões em 26% no mesmo período (EC, 2007).

A iniciativa da União Européia para a redução das emissões de CO₂ e do consumo de combustível no transporte rodoviário de passageiros ocorreu no início da década de 90 e foi baseada na implantação de três políticas: acordos voluntários com a indústria automobilística, medidas fiscais visando à diminuição do consumo de combustível, e um programa de informação ao consumidor (EC, 2007). O objetivo dessas políticas era reduzir as emissões de CO₂ dos veículos leves de passageiros em 35%, de 186g CO₂/km em 1995 para 120g CO₂/km em 2005 (EC, 2007; RYAN et

⁵⁵ Conforme a flexibilidade do CAFE para os veículos bicompostíveis.

al, 2009). Entre 1995 a 2009, ocorreram quatro alterações nos acordos feitos entre a Comissão Europeia com a indústria automobilística para a redução das emissões de CO₂.

A primeira alteração ocorreu em 1996 quando o Conselho Ambiental da União Europeia introduziu a possibilidade de adiamento do prazo através da inclusão “até 2005, ou no máximo até 2010” (T&E, 2009). Em 1998, ocorreu o segundo adiamento do prazo, com o acordo voluntário⁵⁶ entre a Comissão Europeia e a Associação dos Construtores Europeus de Automóveis (ACEA), que estabeleceu a meta de 140g CO₂/km para a frota de veículos novos fabricados e registrados na União Europeia até 2008 (com a meta intermediária de 165-170 gCO₂/km em 2003), e 120gCO₂/km em 2012. O acordo⁵⁷ previa o alcance do patamar de 120gCO₂/km através do desenvolvimento tecnológico de automóveis mais eficientes, bem como implantação das outras políticas que fazem parte da estratégia de redução de CO₂. Em dezembro de 2007, a Comissão Europeia propôs que a média de emissões de CO₂ dos novos veículos de passageiros deveria alcançar 120g/km em 2012 através de duas medidas – padrão compulsório de 130g/km para a média da frota de novos veículos registrados na União Europeia e redução de 10g/km através de outras medidas adicionais⁵⁸. A quarta alteração ocorreu com a adoção do regulamento nº443/2009, que estabeleceu oficialmente as metas da proposta de 2007, mas postergou o prazo para o seu atendimento até 2015. A figura 4.4 mostra o desempenho das três associações de fabricantes do mercado europeu, bem como as várias metas que foram estabelecidas desde 1995.

⁵⁶ Conhecido como “ACEA Agreement”. A Associação de Fabricantes Japoneses de Automóveis (JAMA), e a Associação de Fabricantes Coreanos de Automóveis (KAMA), firmaram acordos paralelos com a Comissão Europeia de atingir o padrão de 140 gCO₂/km em 2009.

⁵⁷ Nesta época o acordo abrangia somente o grupo E15 formado pelos países: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.

⁵⁸ Mediante outros meios, tais como normas de eficiência de sistemas de ar-condicionado, sistema de monitoração da pressurização de pneus, metas de CO₂ para veículos comerciais, aumento da utilização de biocombustíveis, etc (Fontaras e Zamaras, 2010).

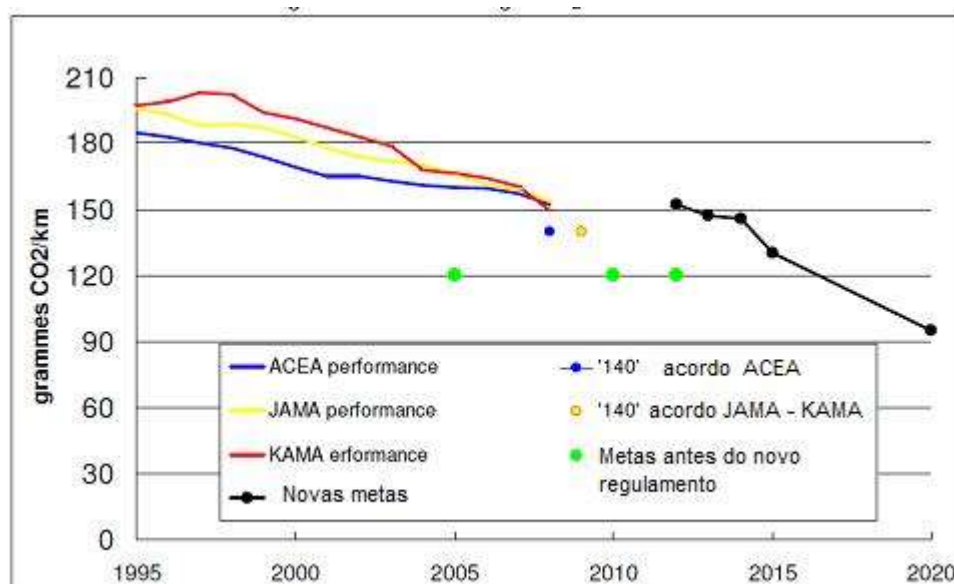


Figura 4-4: Metas do padrão europeu e desempenho das associações de fabricantes na União Europeia

Fonte: T&E (2009)

4.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO EUROPEU

Em 2002, o monitoramento das metas do acordo voluntário ACEA de 1998 mostrou que a média intermediária de emissões de CO₂ dos novos veículos para 2003 (165 gCO₂/km) foi cumprida, mas em 2006, a Comissão Europeia concluiu que as metas para 2008 (140 gCO₂/km) e 2012 (120 gCO₂/km) não poderiam ser atingidas pela indústria automobilística, e assim em 2009, o regulamento nº443/2009 estabeleceu oficialmente um novo padrão, desta vez compulsório.

A nova legislação definiu uma curva limite de valores das emissões permitidas para os novos veículos em função da massa do veículo de acordo com a função linear: Emissões de CO₂ = 130 + ax (M-M₀), onde a=0,0457; M₀=1372 kg e M = média da massa em kg dos novos veículos produzidos pela montadora. Desta forma, as metas dos fabricantes são diferenciadas de acordo com o peso médio dos automóveis que produzem a cada ano, ou seja, de acordo com o seu portfólio de produtos (FONTARAS e ZAMARAS, 2010). Os fabricantes poderão produzir veículos de passageiros que apresentam maior consumo de combustível desde que a média total dos novos modelos vendidos de sua frota esteja abaixo da sua meta de emissões

permitidas. A curva foi configurada de modo que a média da frota para todos os novos veículos atinja 130gCO₂/km.

A meta de cada fabricante deverá ser alcançada gradativamente: 65% da frota em 2012, 75% em 2013, 85% em 2014 e 100% em 2015. Além disso, foi definida uma nova meta de 95 gCO₂/km a ser atingida em 2020 (EC, 2009).

As montadoras serão monitoradas todo o ano (por Estado Membro⁵⁹), de acordo com os dados de registro dos novos veículos. Caso o fabricante não atenda a meta limite de emissões, uma multa será aplicada conforme o número de gramas por quilometro excedidos pela média da frota do fabricante, multiplicada pelo número de veículos vendidos. Entre 2012 a 2014, as multas para a primeira, segunda e terceira grama por quilômetro excedida são, respectivamente, de €5, €15 e 25€. A partir de 2015, cada grama excedida custará €95 multiplicada pelo número de veículos novos (EC, 2009).

A legislação prevê um ajuste dinâmico das metas do padrão. Até outubro de 2014 devem ser aprovadas alterações no ajuste da massa média dos novos automóveis (M0) da função de emissões, e posteriormente de três em três anos (EC, 2009).

O regulamento nº443/2009 concede uma série flexibilidades aos fabricantes para o atendimento do padrão, listadas a seguir:

- São concedidos os chamados “supercréditos” para automóveis com emissões de CO₂ muito baixas, de maneira que cada veículo com emissões inferiores a 50 g CO₂/km representarão 3,5 automóveis em 2012 e 2013; 2,5 em 2014; 1,5 em 2015, e um automóvel a partir de 2016 (EC, 2009).
- Os fabricantes têm o direito de formar agrupamentos (*pools* de montadoras) visando cumprir a meta do padrão conjuntamente.
- A regulação inclui regras especiais para os veículos movidos a E85, de maneira que as emissões de CO₂ destes veículos precisarão ser reduzidas em 5% até dezembro de 2015. Esta redução somente é aplicada se pelo menos

⁵⁹ Em todos os países que compõem o grupo EU27: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia, Reino Unido, Bulgária, Chipre, República Checa, Estônia, Hungria, Letônia, Lituânia, Malta, Polônia, Romênia, Eslováquia e Eslovênia.

30% dos postos de combustíveis do Estado-Membro em que o veículo está registrado fornece este tipo de combustível (EC, 2009).

- Os fabricantes que produzem (ou conjuntamente com outras empresas) de dez mil a trezentos mil veículos por ano podem ter uma meta menor, cerca de 25% em relação às emissões médias de 2007.
- Os fabricantes que produzem menos de dez mil automóveis novos por ano, que não estejam agrupados, terão “um objetivo de emissões específicas coerente com o seu potencial de redução, incluindo o potencial econômico e tecnológico de suas emissões de CO₂, e tendo em conta as características do mercado para o tipo de automóvel fabricado” (EC, 2009).
- A legislação também inclui créditos de redução de até 7 g de CO₂ para fabricantes que apliquem tecnologias inovadoras (chamadas de *eco-innovation*) (EC, 2009).

4.3.2.2 IMPACTO DO PADRÃO EUROPEU NA FROTA DE VEÍCULOS LEVES

A mudança da composição da frota, em direção aos veículos movidos a diesel, foi um dos impactos do acordo ACEA de 1998, bem como das políticas⁶⁰ de incentivo fiscal introduzidas na União Européia. A “dieselização” da frota desempenhou um papel fundamental na redução das emissões médias de CO₂ e facilitou o alcance da meta intermediária do padrão três anos antes do prazo (FONTARAS e SAMARAS, 2007). Entretanto, a média de emissões de 158 g CO₂/km alcançada em 2007, estava muito além da meta de 140 gCO₂/km prevista para 2008 (FONTARAS e SAMARAS, 2010).

Segundo CUENOT (2009); ZERVAS e LAZAROU (2008), a maior porcentagem de veículos a diesel e as tecnologias automotivas introduzidas na frota européia não foram suficientes para neutralizar os efeitos do aumento de emissões de CO₂ em decorrência do aumento do peso dos veículos leves nos últimos anos. Ao mesmo tempo, as potências máximas e específicas dos veículos europeus aumentaram

⁶⁰A demanda de automóveis a diesel foi estimulada principalmente por menos encargos fiscais nos automóveis a diesel.

significativamente (FONTARAS e SAMARAS, 2010). A figura 4.5 abaixo mostra o perfil da frota de novos veículos na União Européia entre 1998 a 2008.

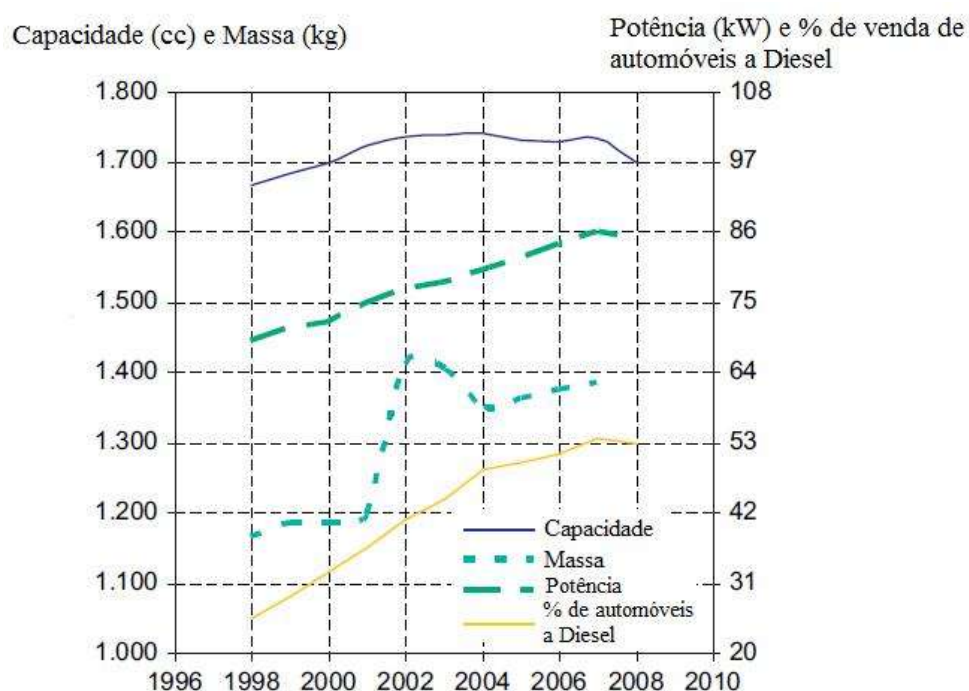


Figura 4-5: Características da frota de novos veículos

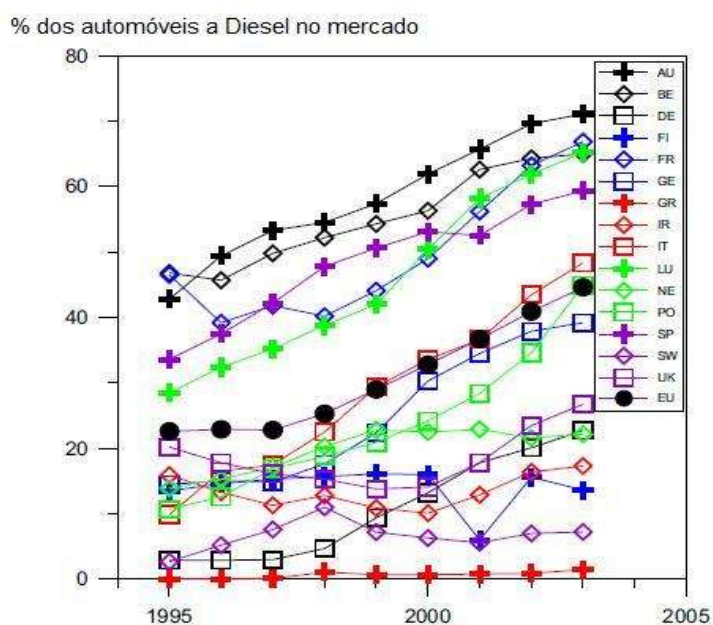
Fonte: FONTARAS E SAMARAS (2010)

A partir dos dados dos novos veículos registrados na UE entre 1995 a 2003, ZERVAS (2010a, 2010b e 2010c) estudou a evolução de várias características da frota europeia de novos veículos, tais como porcentagem de veículos a diesel, emissões de CO₂, peso, capacidade do motor, potência máxima e específica, analisando tais características por país, por segmento de veículo e por fabricante⁶¹. Os resultados da pesquisa são apresentados a seguir:

- A análise de ZERVAS (2010 a) por país mostrou que o mercado automotivo e as emissões da frota dos países do grupo E15 diferem significativamente, dificultando a introdução de uma política única para a região.

⁶¹ A pesquisa considera o grupo E15.

- Alemanha representa 23,3% do total de novos licenciamentos de automóveis, enquanto o somatório dos cinco maiores países⁶² em população corresponde a 82,3%.
- A quantidade de veículos de passageiro por 1000 habitantes é de 630 na Itália, enquanto na Grécia é de 274. Entretanto, o mercado automotivo grego e também dos países menos desenvolvidos economicamente do grupo E15 apresentaram as maiores taxas de crescimento⁶³ no período estudado.
- Diferenças consideráveis ocorrem na porcentagem dos veículos a diesel na frota de cada país. A porcentagem destes veículos na frota aumentou⁶⁴ em quase todos os Estados-Membros (exceto na Grécia e Finlândia), porém a penetração de mercado varia de país para país, conforme mostra a figura 4.6.



Notas: AU-Austria; BE-Bélgica; DE-Dinamarca; FI-Finlândia; FR-França; GE-Alemanha; GR-Grécia; IR-Irlanda; IT-Itália; LU-Luxemburgo; NE-Holanda; PO-Portugal; SP-Espanha; SW-Suécia; UK-Reino Unido; E15: Grupo E15

Figura 4-6: Porcentagem de veículos de passageiros a diesel no grupo E-15

Fonte: ZERVAS (2010a)

⁶² Alemanha, Itália, França, Reino Unido e Espanha

⁶³ Portugal (32%), Irlanda (27%), Grécia (35%) e Espanha (30%).

⁶⁴ Entre 1995 a 2003, o total de novos veículos de passageiros a diesel cresceu de 2,5 para 5,8 milhões, enquanto que os veículos de passageiros a gasolina diminuíram de 8,8 para 7,4 milhões.

- A média de peso dos novos veículos a diesel aumentou em quase todos os países, principalmente nos mais desenvolvidos. Já nos veículos a gasolina, o aumento não foi significativo, conforme a figura 4.7. A média da capacidade do motor permanece constante, mas a média da potência apresentou um significativo crescimento (grupo E15), como foi mostrado anteriormente na figura 4.5.

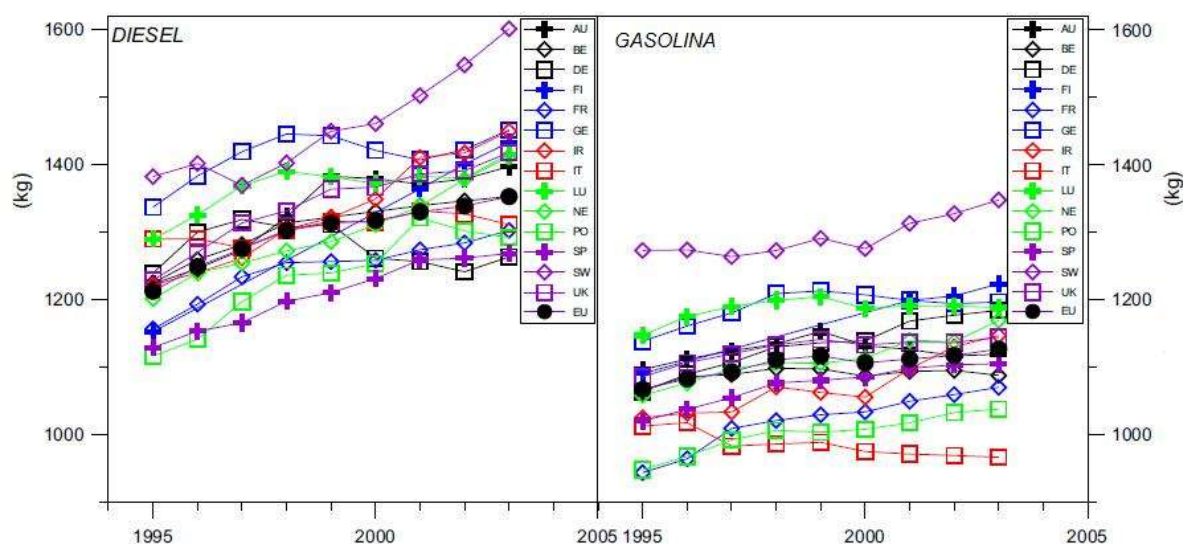


Figura 4-7: Média de peso dos veículos de passageiros (diesel e gasolina)

Fonte: Zervas (2010a)

- Ocorreu um aumento da razão peso do veículo diesel/gasolina em quase todos os países⁶⁵. Segundo Zervas (2010b), esse comportamento é consequência principalmente da maior produção de automóveis a diesel nos segmentos de veículos maiores.
- As emissões de CO₂ variam consideravelmente entre os países⁶⁶ e o ritmo de redução das emissões diminuiu a partir de 2000. Cerca de 90% desta redução ocorreu até o ano 2000 (Figura 4.9). Entre 2000 e 2003, a razão das emissões de CO₂ dos novos veículos permaneceu constante na maioria dos países, e em alguns casos, essa razão aumentou, como na Suécia, Áustria e Luxemburgo.

⁶⁵ A única exceção é a Dinamarca. Os dados da Grécia não foram computados nesta análise.

⁶⁶ Esta análise não inclui a Grécia.

- A análise dos veículos por segmento mostra que as emissões de CO₂ decresceram desde 1995 em todos os 11 segmentos⁶⁷ estudados. As vendas de veículos a diesel cresceram em todos os segmentos, principalmente nas classes de veículos maiores (ZERVAS, 2010b).
- Entre 1995 a 2003, o peso na maioria dos segmentos dos automóveis movidos a gasolina permaneceu constante, no entanto a potência (específica e máxima) foi elevada em quase todos os segmentos dos veículos a gasolina e a diesel. Nos automóveis a diesel, isso ocorreu de forma mais intensa nas classes de veículos maiores. Dentro de cada segmento, os veículos de passageiros a gasolina apresentaram potência máxima e específica mais elevada que nos veículos a diesel, especialmente para os veículos maiores. Foi observada uma tendência de crescimento da fabricação de veículos nos segmentos mais extremos quanto ao peso: subcompactos e grandes.
- A análise por fabricante, ZERVAS (2010c) avaliou as características da frota de novos veículos de passageiros de treze principais fabricantes⁶⁸ do mercado europeu entre 1995 a 2003. Os cinco fabricantes com maior porcentagem de mercado em 2003 eram a Renault (10,6%), VW (10,0%), Opel (9,2%), Ford (8,9%) e Peugeot (8,6%).
- Para os veículos de passageiros a diesel, as montadoras que fabricam veículos mais pesados são BMW, Mercedes, Nissan e Audi e as que fabricam veículos mais leves são Peugeot, Seat, Citroen, Fiat, Renault e Ford. Nos veículos a gasolina, as marcas com os veículos de passageiros mais pesados são BMW, Mercedes e Audi. Há uma grande diferença entre as outras montadoras e a Fiat no que tange ao peso dos veículos de passageiros a gasolina, como mostra a figura 4.8.

⁶⁷ Zervas (2009) classificou a frota de novos veículos de passageiros em pequenos, econômicos, compactos, médios inferiores, médios superiores, grandes, luxuosos, SUV- 1 (SUV < 4,5 m), SUV- 2 (SUV > 4,5 m), veículos 4X4 < 4,5 m e veículos 4X4 > 4,5 m.

⁶⁸ Audi, BMW, Citroen, Fiat, Ford, Mercedes, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Seat, Toyota e VW.

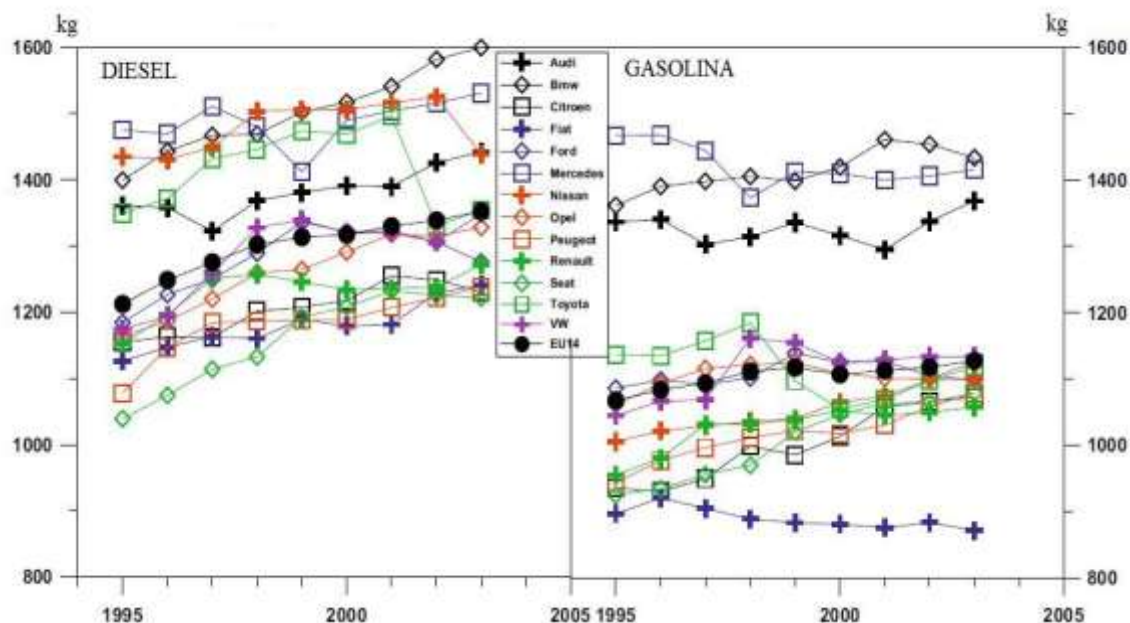


Figura 4-8: Média de peso dos veículos de passageiros a diesel e a gasolina dos fabricantes europeus.

Fonte: ZERVAS (2010 c)

- As emissões de CO₂ para todos os fabricantes diminuíram desde 1995, porém alguns contribuíram mais para o alcance da meta de emissões do que outros, como mostra a figura 4.9.
- Em 2003, os fabricantes com maior emissões nos veículos a diesel foram BMW, Mercedes, Nissan e Toyota. Nos automóveis a gasolina há uma grande diferença entre as marcas Mercedes, BMW e Audi e os outros fabricantes, como mostra a figura 4.9.

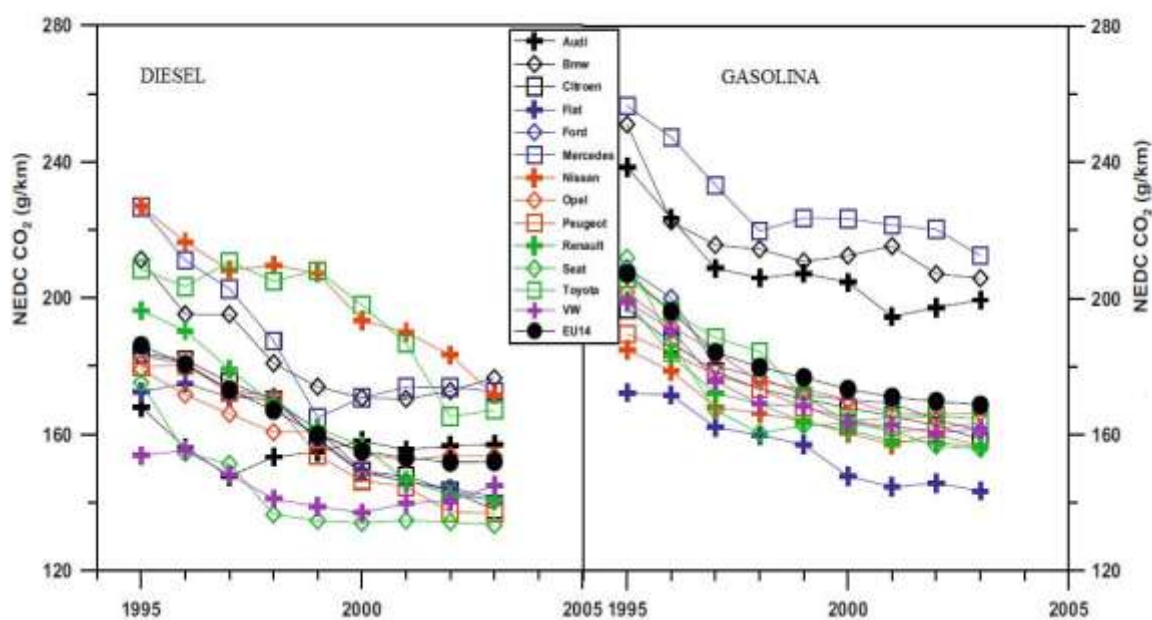


Figura 4-9: Média de emissões de CO₂ dos veículos a diesel e a gasolina das principais montadoras européias entre 1995-2003

Fonte: ZERVAS (2010c)

4.3.2.3 PERSPECTIVAS DO ALCANCE DAS NOVAS METAS DO PADRÃO EUROPEU

Vários estudos mostram que as metas de emissões para 2015 dificilmente serão atingidas, se as tendências de aumento do peso, tamanho e potência não forem alteradas rapidamente pela indústria automobilística. Além disso, tecnologias mais avançadas precisam ser difundidas, tais como os veículos elétricos e híbridos. Segundo CUENOT (2009), se o atual ritmo de redução de CO₂ dos novos veículos europeus (1,5 g/km por ano) permanecer constante, a média de emissões desta frota em 2015 atingirá 151 gCO₂/km.

O estudo de CUENOT (2009) verificou a necessidade do perfil da frota ser alterado em direção a classes de veículos menores, bem como a porcentagem de mercado das vendas de novos SUVs e MPVs⁶⁹ precisará reduzir-se de 20% para 10%. Além disso, as vendas de veículos subcompactos e a porcentagem de veículos híbridos nos segmentos de maior porte (SUVs) teriam que atingir patamares maiores até 2015.

ZERVAS e LAZAROU (2008), constataram que a limitação de peso dos veículos é mais relevante para a diminuição das emissões de CO₂ do que a introdução de novas tecnologias para o alcance da meta de 2015. CUENOT (2009) ainda ressalta que se o peso dos veículos permanecesse constante entre 1995 e 2005, a meta de emissões de 140g CO₂/km poderia ter sido alcançada em 2008.

Através da pesquisa mais recente da Federação Europeia de Transporte e Meio Ambiente (T&E, 2009) observam-se alguns avanços da indústria automobilística no que tange o alcance da meta em 2015. A pesquisa mostra o desempenho das montadoras entre 2007 a 2008 para o alcance da meta de 130 gCO₂/km através da tabela 4.5 e 4.6.

⁶⁹ Abreviação de *Multi-Purpose Vehicles*, tais como vans e furgões.

Tabela 4-5: Emissões de CO₂ da frota de novos veículos leves dos principais fabricantes na União Européia

Fabricante		Ranking em 2007	Vendas em 2008	Média de emissões de CO ₂ (g/km)		
				2008	2007	%
Ranking dos fabricantes por emissão média de CO ₂ em 2008						
1	Fiat	2	1.131.005	138	142	-2.90%
2	PSA	1	1.794.593	139	142	-2.00%
3	Renault	3	1.253.371	143	147	-3.20%
4	Toyota	4	784.054	147	150	-2.40%
5	Hyundai	7	467.673	149	161	-7.60%
6	Ford	8	1.388.335	152	163	-6.70%
7	GM	5	1.366.069	153	157	-2.30%
8	Honda	6	245.395	154	157	-2.20%
9	BMW	12	784.736	154	172	-10.20%
10	Suzuki	9	229.074	156	164	-4.90%
11	Mazda	13	229.596	158	172	-8.20%
12	Volkswagen	10	2.870.570	159	165	-3.30%
13	Nissan	11	323.340	161	168	-4.00%
14	Daimler	14	760.925	175	182	-3.80%
Ranking do Progresso dos fabricantes em 2008						
1	BMW	1	784.736	154	172	-10.20%
2	Mazda	2	229.596	158	172	-8.20%
3	Hyundai	3	467.673	149	161	-7.60%
4	Ford	4	1.388.335	152	163	-6.70%
5	Suzuki	5	229.074	156	164	-4.90%
6	Nissan	6	323.340	161	168	-4.00%
7	Daimler	7	760.925	175	182	-3.80%
8	Volkswagen	8	2.870.570	159	165	-3.30%
9	Renault	9	1.253.371	143	147	-3.20%
10	Fiat	10	1.131.005	138	142	-2.90%
11	Toyota	11	784.054	147	150	-2.40%
12	GM	12	1.366.069	153	157	-2.30%
13	Honda	13	245.395	154	157	-2.20%
14	PSA	14	1.794.593	139	142	-2.00%
Média				153,5	158,7	-3.3%
ACEA*				152	157	-3.1%
JAMA*				154	159	-3.6%
KAMA*				150	160	-6.7%

Fonte: T&E (2009)

Tabela 4-6: Distância do alcance da meta de várias montadoras

Fabricante		Meta CO ₂ em 2015 (g/km)	Ano de 2008			Ano de 2007			
			CO ₂ (g/km)	Peso (kg)	Distância da meta	CO ₂ (g/km)	Peso (kg)	Distância da meta	Ranking em 2007
1	PSA	128	139	1.333	8%	142	1.313	11%	1
2	Renault	129	143	1.341	10%	147	1.318	14%	2
3	BMW	138	154	1.540	11%	172	1.541	20%	10
4	Fiat	121	138	1.172	13%	142	1.198	14%	3
5	Hyundai	130	149	1.365	13%	161	1.436	18%	6
6	Toyota	127	147	1.305	14%	150	1.317	15%	4
7	Ford	129	152	1.354	15%	163	1.428	19%	8
8	Honda	130	154	1.381	15%	157	1.403	16%	5
9	GM	128	153	1.327	17%	157	1.355	18%	7
10	Volkswagen	133	159	1.429	17%	165	1.447	19%	9
11	Nissan	131	161	1.395	19%	168	1.376	23%	11
12	Mazda	125	158	1.256	21%	172	1.361	25%	12
13	Suzuki	122	156	1.190	22%	164	1.215	25%	14
14	Daimler	135	175	1.494	23%	182	1.529	25%	13
Média		130	153.5	1.374	15%	158.7	1.379	18%	

Fonte: T&E (2009)

As informações do estudo da T&E (2009) estão de acordo com a análise de FONTARAS e ZAMARAS (2010) em relação à média de emissões da indústria automobilística em 2007, cerca de 158 gCO₂/km. Ambos os estudos ressaltam que o patamar da indústria de 130 g CO₂ requer grandes esforços das montadoras nos próximos anos, e que ainda não é claro se a meta irá ser alcançada em 2015.

A tabela 4.5 mostra que a média de emissões da indústria automobilística diminuiu 3,3% entre 2007 a 2008. Porém, ACEA não alcançou a meta de 2008 em cerca de 12 g/km. Desde 1995, as emissões foram reduzidas em 34 g/km ao invés de 46g/km, ou uma redução de 18% ao invés de 25% (T&E, 2009).

As frotas da Fiat e PSA apresentam os níveis mais baixos de emissões de CO₂. A PSA tem a melhor posição entre todas as montadoras, precisando de uma redução de 8% nos próximos anos⁷⁰. A Fiat está em quarto lugar e terá que fazer um progresso um pouco maior devido ao menor peso médio de sua frota comparado ao da PSA.

⁷⁰ Sete anos a partir dos dados de 2008.

Por outro lado, a Fiat e PSA fizeram progressos modestos (2,9% e 2,0%) entre 2007 a 2008, ao contrario da BMW e Mazda (10,2% e 8,2%). Tanto a BMW quanto a Mazda vêm introduzindo em seus automóveis novas tecnologias, tais como o programa *efficient dynamics* da BMW (T&E, 2009). O desenvolvimento tecnológico realizado na BMW foi fundamental para a redução de emissões de sua frota, já que o seu peso permaneceu constante, de acordo com a tabela 4.6. Novas tecnologias também têm sido introduzidas nos últimos anos por outras montadoras: linha Bluemotion da Volkswagen, Econometric (Ford), Eco2 (Renault), entre outras. A Ford teve uma significativa redução de emissões de quase 7%, que pode ser atribuída por uma mudança do mix de veículos vendidos, em consequência da venda das marcas Jaguar e Land Rover para a montadora indiana Tata. Entretanto, isso reduziu a média de peso da frota da Ford em 60 kg, alterando a sua meta de 132 g/km para 129g/km (T&E, 2009).

As montadoras japonesas Toyota e Honda, que vendem a maioria dos veículos híbridos, apresentaram pouco progresso na redução de CO₂ de sua frota entre 2007 a 2008.

4.3.3 JAPÃO

Segundo a IEA (2009), a tendência do setor de transporte no Japão é declinar 0,3% entre 2006 a 2030, resultado da diminuição da população, bem como das políticas de eficiência energética introduzidas a partir do final dos anos 70. Atualmente, cerca de 20% do CO₂ no Japão é emitido pelo setor de transporte e cerca de 90% destas emissões origina-se do modal rodoviário (HOSHI, 2007).

As regulações de eficiência energética veicular no Japão derivam da “Lei de Uso Racional da Energia” adotada em 1976, abrangendo uma grande variedade de bens de consumo. No final da década de 90, o programa de eficiência energética *Top Runner* foi implantado visando conter o consumo de petróleo e o aumento dos gases de efeito estufa (PLOTKIN, 2001).

4.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO *TOP RUNNER*

Em 1999, o governo japonês instituiu o padrão compulsório de eficiência energética *Top Runner* para automóveis (com até 10 passageiros e peso de até 2500 kg), movidos a gasolina ou a diesel⁷¹, visando atingir um aumento na eficiência energética de 22,8% para os carros a gasolina até 2010 e 14,9% para os automóveis a diesel até 2005.

As metas do padrão foram definidas de acordo com o peso do veículo (compreendendo nove classes de peso), e baseadas no veículo mais eficiente do mercado em cada classe de peso. Os fabricantes atendem a meta conforme a média ponderada de vendas dos novos automóveis em cada classe de peso.

O programa *Top Runner* não abrange os veículos menos representativos em cada classe de peso, como por exemplo, os veículos com pouco volume de venda ou automóveis que possuem uma tecnologia ainda avançada, como os veículos híbridos. Caso estes veículos participassem do programa, os padrões seriam determinados com base nos veículos híbridos, que seriam os *top runners*. Segundo ACNRE (2007), o governo japonês quis evitar o aumento dos custos para os fabricantes e consumidores, bem como incentivar a pesquisa em outras tecnologias. Entretanto, o governo japonês estuda a inserção dos híbridos futuramente no programa (ACNRE, 2007).

A legislação inclui penalidades caso as metas não sejam alcançadas pelos fabricantes, mas as sanções são brandas e as multas são modestas (HOSHI, 2007). Segundo PLOTKIN (2009), os fabricantes preferem evitar o anúncio público do descumprimento do padrão pelos efeitos negativos na imagem da empresa.

A legislação permite o acúmulo de créditos que podem ser repassados para outra classe de peso, caso os fabricantes não atinjam o padrão em uma determinada classe. Porém, os créditos ganhos são descontados em 50% quando aplicados em outra classe, e não podem ser repassados a outros fabricantes.

Em dezembro 2006, o governo japonês anunciou a revisão das metas de eficiência energética do programa, e expandiu o número de classes de peso de 9 para 16. As novas metas foram projetadas para melhorar a média de consumo de combustível dos novos veículos de 13,6 km/l em 2004 para 16,8 km/l em 2015, um aumento de 23,5% (IGUSHI, 2008).

⁷¹ O prazo limite para os automóveis a diesel desta regulação foi definido para 2005.

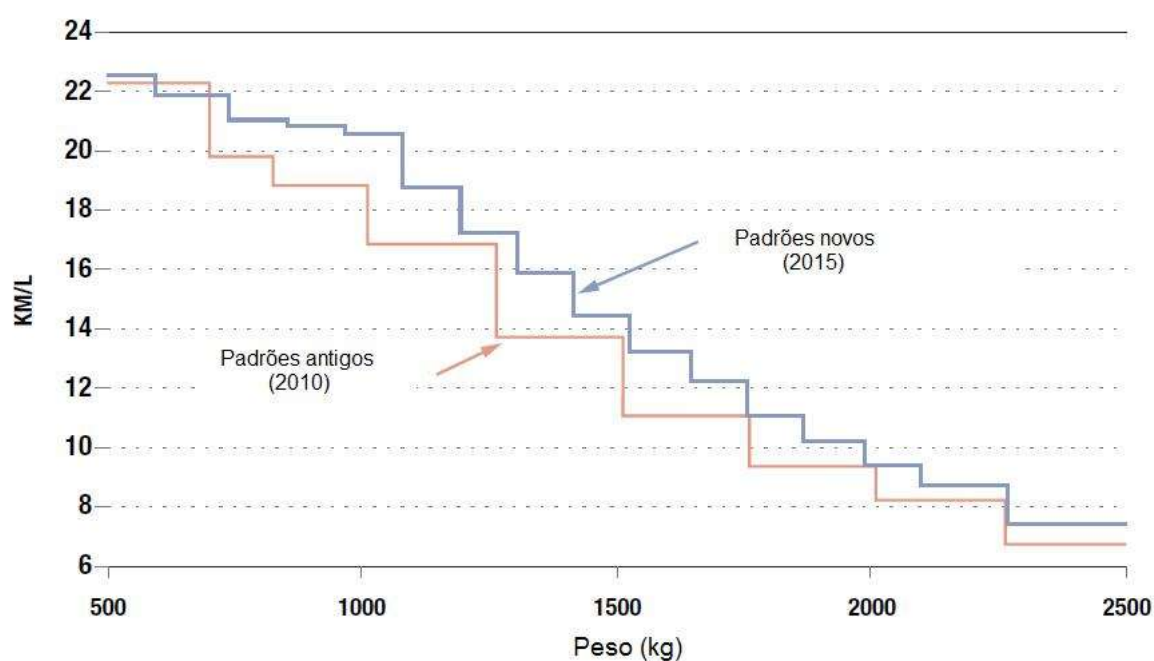


Figura 4-10: Comparação entre os padrões japoneses novos e antigos

Fonte: AN et al, 2007.

Tabela 4-7: Histórico da regulação de eficiência energética para veículos leves de passageiros

Ano	Regulação de Padrões de Eficiência Energética	Ano
1976	Lei de Uso Racional da Energia	-
1979	Padrão voluntário para carros a gasolina	1985
1993	Revisão do Padrão voluntário para carros a gasolina	2000
1998	Revisão da Lei de Uso Racional da Energia Introdução do programa <i>Top Runner</i>	-
1999	Implantação do padrão para carros a gasolina e diesel	2010 (gasolina); 2005 (diesel)
2007	Revisão do padrão para carros a gasolina e diesel	2015

Fonte: IGUCHI (2008)

O ciclo de condução 10-15 está sendo substituído por um novo ciclo de condução JC08, que foi desenvolvido para medir o progresso das metas de 2015. O ciclo JC08 é mais longo e tem maior velocidade média e máxima, assim como apresenta maior aceleração (figura 4.11).

Em 2004, o governo japonês comparou os dois ciclos nos novos veículos fabricados e verificou que a média de autonomia por litro da frota era de 15 km/l sob a medição do ciclo 10-15 e 13,6km/l sob a medição do JC08. O ciclo JC08 servirá para impor maior rigidez para os padrões que serão obrigatórios em 2015 (AN et al, 2007).

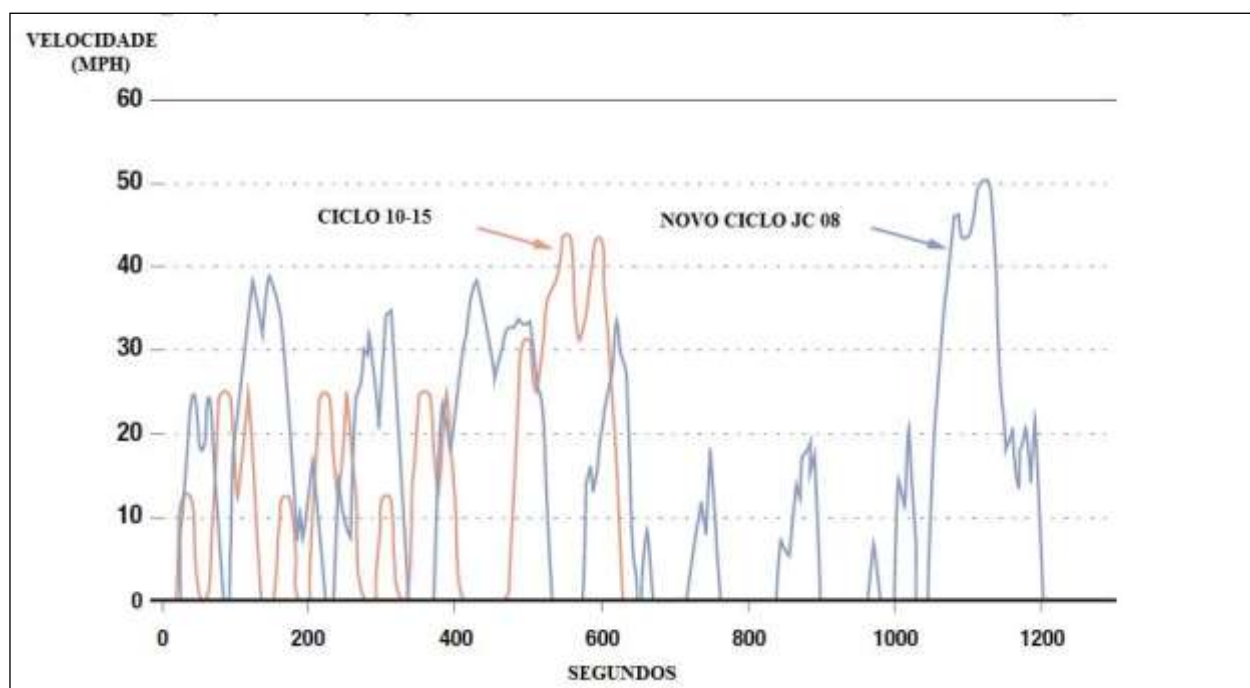


Figura 4-11: Diferença nos ciclos de condução 10-15 e JC08

Fonte: AN et al (2007)

4.3.3.2 IMPACTOS NA FROTA DE NOVOS VEÍCULOS LEVES

As metas do padrão implantado em 1999 foram cumpridas em 2004, por 80% dos novos veículos leves de passageiros (ACNRE, 2007). Tais metas implicaram em 22,8% de aumento da eficiência energética média desta frota (de 12,3 km/l em 1995 para 15,1km/l em 2003, conforme o ciclo 10-15), como mostra a figura 4.12. ONADA (2008) e HOSHI (2007) destacam que o peso médio da frota não aumentou desde que os padrões foram estabelecidos em 1999.

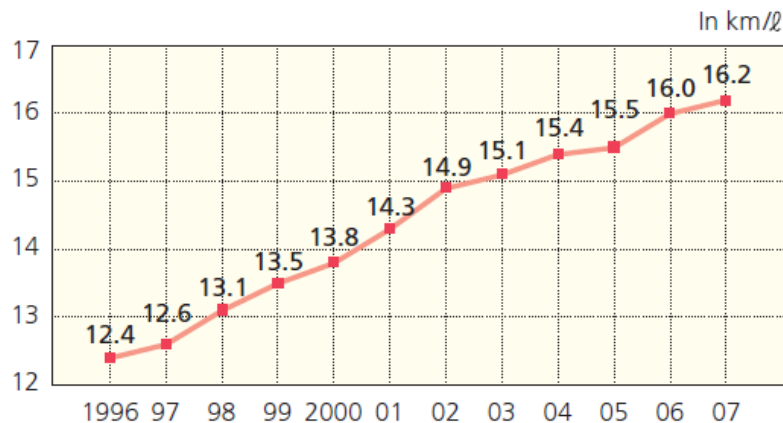


Figura 4-12: Média do consumo de combustível (km/l) da frota de novos veículos leves de passageiros

Fonte: KIMURA (2009)

Cabe destacar que outros fatores também contribuíram positivamente para a eficiência energética da frota e a estabilidade da massa do veículo nos últimos anos. Os fortes incentivos fiscais para a fabricação e compra de veículos mais eficientes, a maior preocupação dos consumidores e fabricantes para as questões ambientais, a depressão econômica na década de 90 e restrição de espaço para a circulação e estacionamento de veículos são fatores relevantes que não podem ser desprezados (ONADA, 2008).

No entanto, nenhum desses fatores parece forte o suficiente para explicar a tendência exclusiva da estabilidade da massa do veículo (figura 4.13), somente vista no Japão após o final dos anos 1990.

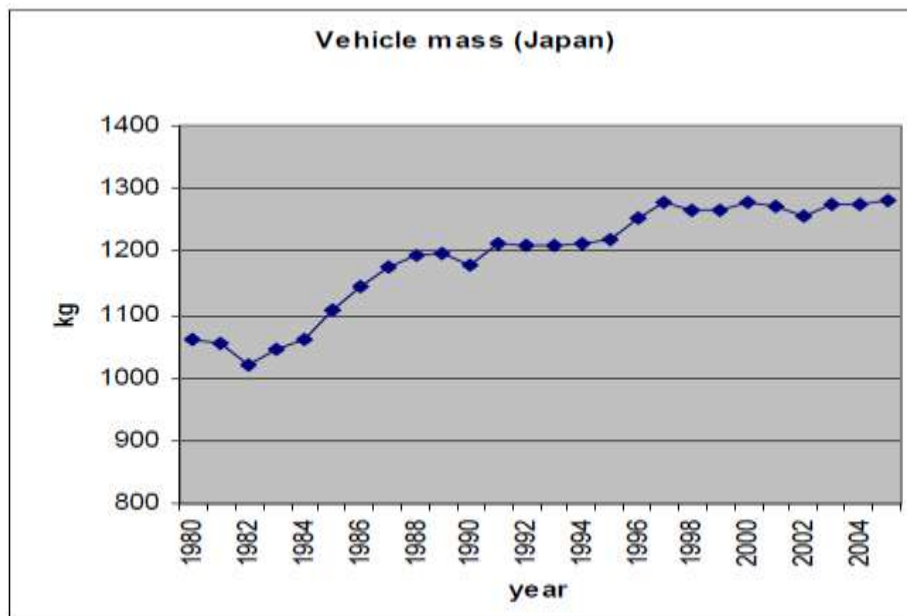


Figura 4-13: Peso médio da frota total de veículos leves no Japão

Fonte: ONADA (2008)

Para KIMURA (2009) e ONADA (2008) os padrões *Top Runner* estabeleceram uma clara direção para a indústria automobilística na direção de uma frota mais eficiente, removendo os riscos privados de investimento em novas tecnologias, e assim acelerando o aumento da eficiência energética da frota. Segundo KIMURA (2009), os fabricantes admitem que os padrões modificaram a sua prioridade em prol do desenvolvimento de veículos mais eficientes e aceleraram suas atividades de desenvolvimento de novos produtos. Sem o estabelecimento dos padrões, haveria um atraso de alguns anos para o lançamento de veículos mais eficientes.

4.3.3.3 PERSPECTIVAS DOS RESULTADOS DOS NOVOS PADRÕES

Segundo HOSHI (2007), o atendimento das metas de 2015 pelos fabricantes japoneses é factível e influenciado por fatores positivos e negativos. Os fatores positivos consistem no avanço tecnológico, que se dará nos próximos anos não só pela rigidez do padrão, mas também pela contribuição de outros mecanismos que influenciam a demanda por veículos mais eficientes, tais como os incentivos fiscais concedidos aos consumidores e os programas de informação. Por outro lado, as

regulamentações mais rígidas sobre as emissões de exaustão dos veículos, (que requerem a introdução de tecnologias que visam a redução de NOx e particulados), bem como a legislação de segurança do veículos, podem ter um efeito negativo para o alcance da meta.

Como já mencionado, os padrões forneceram uma clara mensagem aos fabricantes na direção do aumento na eficiência energética da frota visando reduzir a reduções no setor de transporte. Segundo HOSHI (2007), em 2007 havia alguns modelos que já estavam em conformidade com a meta de 2015. Além disso, as sanções e o anúncio público dos fabricantes que não atendem ao padrão é uma questão relevante para os fabricantes japoneses.

4.3.4 CHINA

A China é um dos mais novos entrantes no grupo de países que implantaram padrões de eficiência energética para veículos leves. Em 2004, os padrões foram instituídos visando principalmente controlar o consumo de petróleo dos veículos de passageiros e a poluição atmosférica nas cidades. Outros objetivos deste programa consistiam em estimular as montadoras estrangeiras a transferir tecnologias mais avançadas e eficientes para o mercado chinês e retirar do mercado fabricantes domésticos menos competitivos (WAGNER et al, 2009).

HE et al (2005) concluíram que o setor de transporte rodoviário na China será gradualmente o maior consumidor de petróleo nas próximas décadas. As projeções de crescimento deste setor precisam ser continuamente atualizadas devido à intensificação do ritmo⁷² de crescimento nos últimos anos.

Dado o expressivo aumento nas vendas de veículos, não é ainda claro se os novos padrões serão suficientes para reduzir a dependência da importação de petróleo (BASTIN et al, 2006). Entretanto, as pesquisas de HE et al (2005) e WAGNER et al (2009) apontam ajustes contínuos nos programas de eficiência energética veicular podem economizar quantidades significativas de petróleo e reduzir o ritmo de crescimento do setor de transporte rodoviário.

⁷²As taxas de crescimento da frota de novos veículos de passageiros na China entre 2003 a 2006 foram, respectivamente, de 26%, 19%, 25% e 25% (WAGNER et al, 2009). Em 2009, a China alcançou a primeira posição em produção e consumo mundial de veículos, com 13,8 milhões de unidades produzidas (ANFAVEA, 2010).

4.3.4.1 CARACTERÍSTICAS DOS PADRÕES CHINESES

Os padrões chineses foram implementados em 2005 em duas fases: a primeira em julho de 2005 para modelos novos⁷³, e em 2006, para modelos continuados⁷⁴, e a segunda fase em janeiro de 2008 para os modelos novos, e em janeiro de 2009 para os modelos continuados (AN et al, 2007).

Os padrões estabelecem limites máximos de consumo específico, em l/100km, para veículos leves de passageiros⁷⁵ classificados em 16 classes de peso, que variam entre ≤ 750 kg até o máximo de 3500 kg, conforme a figura 4.14. Adicionalmente, os veículos são divididos⁷⁶ em dois grupos: automóveis com transmissão manual e “veículos com atributos especiais”. Estes últimos são veículos que atendem a uma das três categorias: (a) SUVs, (b) automóveis com transmissão automática, e (c) MPVs com três ou mais fileiras de assentos (WAGNER et al, 2009).

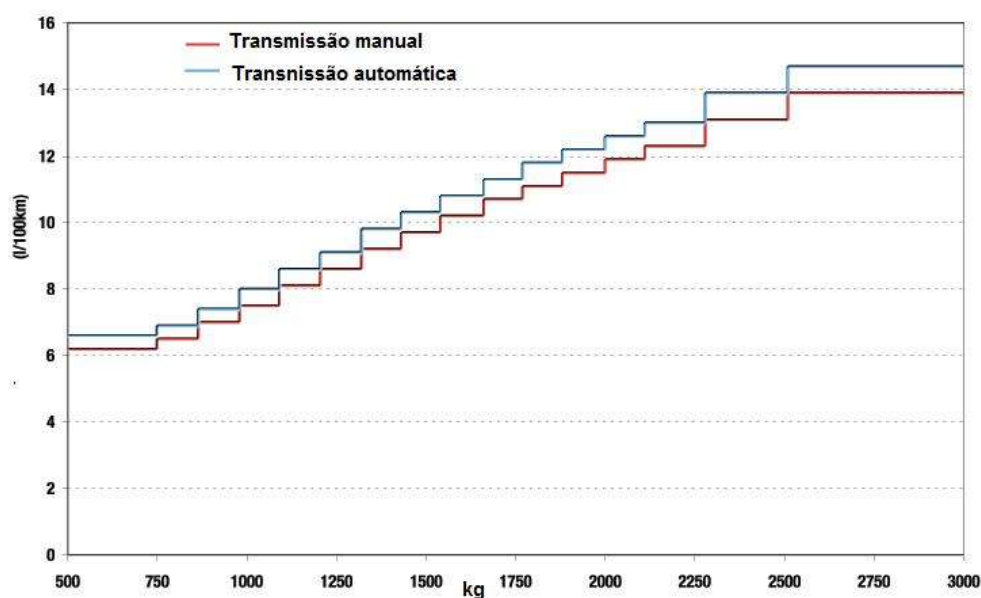


Figura 4-14: Metas do padrão chinês em cada classe de peso

Fonte: AN et al (2007)

⁷³ Modelos recentemente aprovados para registro.

⁷⁴ Modelos que já tinham sido aprovados anteriormente para registro.

⁷⁵ Incluem os automóveis, SUVs e MPVs

⁷⁶ De acordo com Wagner et al, (2009), os veículos de passageiros apresentam as categorias M1 (automóveis com até nove lugares) e M1G (SUV com até nove lugares).

Na época da formulação do padrão de consumo, o governo chinês precisou escolher um padrão que fosse adequado ao seu fragmentado mercado automotivo, composto por mais de cem fabricantes, onde muitos somente fabricavam um a dois modelos (OLIVER et al, 2009). Desta forma, a abordagem baseada na média ponderada de vendas da frota não seria uma estratégia apropriada. Segundo OLIVER et al (2009), os fabricantes tiveram pouca influência e participação durante o processo de formulação do padrão. Uma característica peculiar do padrão chinês é que as montadoras na China devem atender aos padrões em cada veículo produzido de forma individual em todas as categorias, ao contrário do que acontece no padrão americano, europeu e japonês. O sistema chinês não admite o recebimento de créditos entre os veículos que estão acima do limite de conformidade com o padrão, como ocorre nos outros padrões analisados anteriormente (PLOTKIN, 2007).

Após o padrão da União Européia e do Japão, o padrão chinês é o terceiro padrão mais rígido em metas de consumo de combustível (AN et al, 2007). Entretanto, sua rigidez varia significativamente em relação ao peso dos veículos. Para os veículos de passageiros mais pesados o padrão é mais rígido que o padrão japonês com meta até 2010. Segundo OLIVER et al (2009), o governo quis evitar a saída do mercado dos fabricantes domésticos, que se especializaram nos segmentos de automóveis e minivans de baixa cilindrada (0,8 a 1,3 litros), bem como não pressionar os custos de produção dos veículos de menor porte. Além disso, o governo chinês espera que os fabricantes domésticos sejam competitivos na fabricação destes veículos no mercado interno e externo (OLIVER et al, 2009).

4.3.4.2 IMPACTOS NA FROTA DE VEÍCULOS LEVES

O mercado automotivo chinês começou a se desenvolver em meados da década de 80, durante os primeiros anos da abertura econômica, quando o governo chinês permitiu a formação de *joint ventures* entre empresas chinesas e multinacionais, com a expectativa que essa associação promovesse avanço tecnológico, capacitação da mão de obra chinesa e progressos da capacidade de P&D da recente indústria automobilística nativa. Nesta época, algumas empresas chinesas também

licenciaram tecnologias já ultrapassadas⁷⁷ das empresas estrangeiras visando começar sua própria produção (OLIVER et al, 2009).

Após a entrada do país na OMC (Organização Mundial do Comércio), no final de 2001, o governo chinês celebrou acordos de liberação comercial que facilitaram a entrada das empresas estrangeiras no país, resultando no aumento da competição e introdução de novos modelos.

Entretanto, devido à falta de incentivos e outros instrumentos regulatórios, a transferência de tecnologia pelas empresas estrangeiras não ocorreu, e as empresas chinesas continuaram com sua capacidade de P&D endógena limitada para produzir veículos mais eficientes e menos poluentes (OLIVER et al, 2009).

Até meados de 2004, os fabricantes não eram obrigados a divulgar o consumo dos automóveis que produziam, o que dificultava muito a pesquisa sobre este setor (GALLAGHER, 2006). Recentemente, o estudo de OLIVER et al, (2009) mostrou as características da frota chinesa antes da introdução do padrão, e avaliou o resultado da introdução das metas de consumo de combustível na China. De acordo com OLIVER et al (2009), o consumo de combustível da frota chinesa era 10% maior em comparação aos da frota alemã e japonesa, enquanto a média de peso e capacidade do motor das empresas domésticas era, respectivamente, 11% e 15% menor.

Em 2002, antes do estabelecimento dos padrões, 40% dos automóveis com transmissão manual não alcançaram o padrão previsto para a primeira fase e 82% não alcançaram a fase 2. Entretanto, até o final de 2006, os testes de conformidade verificaram que estes automóveis atendiam a primeira fase e dois-terços a segunda fase. Quanto aos veículos com atributos especiais, três-quartos já tinham atingido a meta da fase 2, sendo que alguns até a superaram.

Segundo OLIVER et al (2009), os veículos desta categoria foram trazidos pelas multinacionais após 2003, e desta forma as empresas introduziram modelos com tecnologias mais avançadas procurando atender ao padrão da fase mais adiantada e mais rígida. Este fato mostra claramente que a regulação teve o êxito esperado, influenciando os fabricantes estrangeiros a introduzir veículos mais modernos e mais eficientes.

⁷⁷ A defasagem tecnológica era de dez a quinze anos (OLIVER et al, 2009).

A introdução da fase 1 e 2 do padrão chinês obteve resultados significativos em termos de redução do consumo médio da frota, cerca de 11,5 % entre 2002 a 2006. O padrão também trouxe outros benefícios importantes em termos de redução de emissões de CO₂ e economia de recursos. As emissões evitadas de CO₂ alcançaram 5,4 milhões de toneladas, bem como foram conservados 2,3 bilhões de litros de gasolina (OLIVER et al, 2009).

Para WANG et al (2010), a efetividade do padrão pode ser comprovada através da eliminação de muitos veículos obsoletos e pela difusão de tecnologias consideradas convencionais em mercados avançados. Foram excluídos cerca de 800 modelos de veículos ineficientes e difundidas algumas tecnologias na frota chinesa, tais como variador do tempo de válvula (VVT), transmissão contínua variável (CVT), transmissão em 5/6 velocidades. Materiais mais leves como ligas de alumínio também são encontrados mais freqüentemente na frota de novos veículos chineses (OLIVER et al, 2009; WANG et al, 2010).

Embora o padrão tenha tido um bom resultado no que concerne à introdução de tecnologias, ele não foi suficiente para conter as mudanças nas características dos veículos chineses, que também seguem a tendência mundial de aumento do peso, espaço interno e potência.

A capacidade média do motor apresentou pouco crescimento, mas a proporção de veículos com menor cilindrada (<1.0 L) diminuiu (CATARC, 2007). O segmento dos modelos que possuem entre 1.0 a 1.6 L se tornou mais popular na China, com 48% do mercado em 2007, enquanto o segmento entre 1.6 a 2.0 L cresceu fortemente (figura 4.15). O *market share* dos veículos que possuem capacidade acima de 2.0 L continuou baixo, devido aos rígidos requerimentos dos padrões chineses para os veículos maiores, e principalmente pela alta taxação dos veículos que possuem motores com grande capacidade (OLIVER et al, 2009).

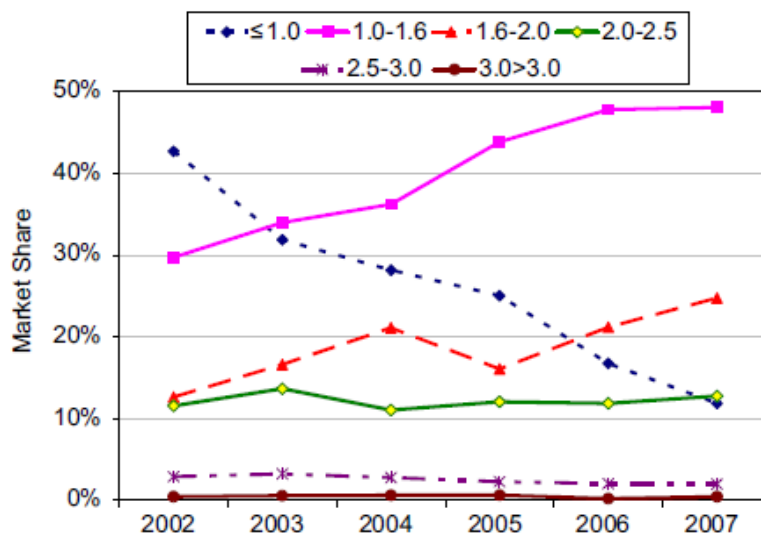


Figura 4.15: Porcentagens dos segmentos de mercado (por cilindrada) de novos veículos leves no mercado chinês

Fonte: CATARC (2007)

O peso médio dos veículos leves aumentou 10% (1230 kg a 1356 kg) entre 2002 a 2006 (OLIVER et al, 2009). No mesmo período, a proporção de veículos com massa inferior a 1090 apresentou redução de 44% para 27%. O proporção de veículos de passageiros entre 1,090 kg a 1,540 kg subiu de 32% para 38%, e para o grupo de massa entre 1,540 kg - 2,000 kg, a proporção cresceu de 24% para 35%. Em 2007, a vendas de vans e SUVs responderam por menos de 10% do mercado (CATARC⁷⁸, 2007).

Segundo OLIVER et al (2000), para atender as expectativas dos consumidores chineses, as montadoras estão oferecendo maior quantidade de modelos com mais espaço interno e grande número de acessórios (OLIVER et al, 2000). Para WANG et al (2010), o crescimento do tamanho e potência dos veículos chineses têm compensando em certa medida o impacto positivo do padrão.

⁷⁸ CATARC (China Automotive Research Center).

4.3.4.3 NOVO AJUSTE DO PADRÃO CHINÊS – FASE 3

Em outubro de 2008, o governo chinês designou um grupo de trabalho composto por representantes das instituições do governo e da indústria automobilística a fim de desenvolver o regulamento da terceira fase do padrão de eficiência energética chinês. Em dezembro de 2009, a versão da proposta do novo padrão foi aprovada, e espera-se que o padrão seja oficialmente promulgado em 2010 (Wang et al, 2010).

O novo padrão foi elaborado para atingir uma média de consumo da frota de novos veículos de 7L/100km de consumo específico de combustível ou 167 gCO₂/km (ciclo NEDC) para o ano-modelo de 2015. O ajuste consiste de uma redução de 14% em relação à fase 2 (ICCT, 2010). O padrão poderá resultar em uma economia acumulada de 39,2 milhões de toneladas de petróleo e 41,7 milhões de toneladas de CO₂ até 2020.

Similarmente as fases 1 e 2, os padrões estabelecem limites máximos de consumo específico, em l/100km, para veículos leves de passageiros classificados em 16 classes de peso, divididos em dois grupos, automóveis com transmissão manual e “veículos com atributos especiais”.

As metas do consumo de combustível foram especificadas após a análise da necessidade da redução de consumo da frota chinesa de veículos leves, bem como baseado na análise dos padrões aplicados em outros países. A fase 3 não obriga cada modelo produzido por um fabricante atender ao consumo de combustível, tais como acontecia nas fases 1 e 2.

As metas de consumo de combustível da fase 3 foram elaboradas seguindo três etapas (figura 4.16). Primeiramente, a linha de correlação foi movida paralelamente até a meta da frota de 7L/100km, originando uma linha pontilhada para garantir que a meta seja alcançada. Em seguida, a linha pontilhada sofreu uma rotação no sentido horário, diminuindo a inclinação da reta em 17%, formando a linha de base das metas de consumo de combustível. A terceira etapa determinou as metas para as 16 classes de peso conforme a linha de base. Desta forma, o padrão chinês manteve o maior grau de severidade dos padrões para as classes de veículos com maior peso, devido a tendência de aumento de tamanho e peso médio da frota chinesa.

Consumo de combustível (L/100 km)

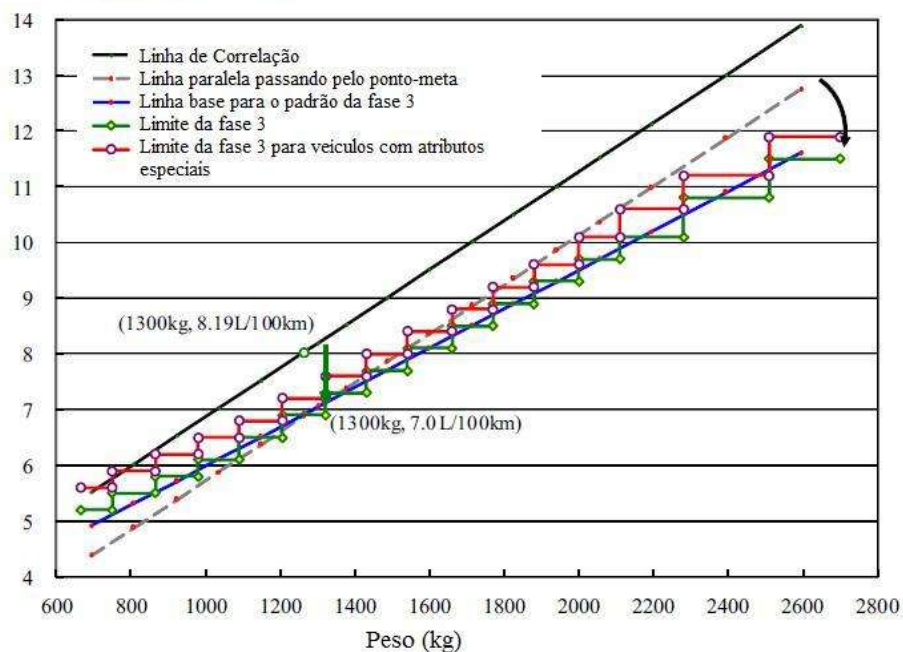


Figura 4.16: Elaboração da fase 3 do padrão chinês

Fonte: WANG et al (2010)

Os principais objetivos da terceira fase do programa chinês compreendem o estímulo à inovação no âmbito das tecnologias que elevam a eficiência energética, a promoção do uso de tecnologias automotivas mais avançadas e a aceleração da introdução de novos modelos na frota (WANG et al, 2010). Visando alcançar tais objetivos, a proposta da fase 3 pretende corrigir algumas falhas do padrão das fases 1 e 2 e também introduzir novos mecanismos de flexibilidade do padrão.

A primeira correção é a inclusão dos modelos importados, que não precisavam atender ao padrão antes da fase 3. De certa forma esta exceção levou ao aumento do número de veículos importados, principalmente grandes sedans e SUVs na frota chinesa. A importação de veículos em 2008 foi 30,4% maior do que em 2007 (cerca de 409.769 veículos), onde 52,5% do total do volume de veículos importados eram SUVs (CATARC, 2009 apud WANG et al, 2010).

A segunda correção refere-se à exclusão da categoria M_{1G} do grupo de veículos com atributos especiais, que atendem a padrões menos rígidos. A categoria M_{1G} , que constitui a maioria dos SUVs, estará sujeita às mesmas metas dos veículos de passageiros conforme a correspondente classe de peso.

A terceira correção consiste em retirar os veículos que possuem transmissão automática do grupo de veículos com atributos especiais a partir de dezembro de 2015. Conforme WANG et al (2010), a transmissão automática pode elevar o consumo de combustível em 6,5 a 7% em relação a transmissão manual. Com esta medida, o governo decidiu incentivar outros tipos de transmissão não-manual, que podem progressivamente substituir o tipo de transmissão automática e manual.

Duas mudanças importantes do padrão da fase 3 referem-se aos dois mecanismos que permitem maior flexibilidade aos fabricantes no atendimento do padrão: o primeiro consiste na meta do consumo de combustível baseada na média ponderada de vendas do fabricante, e o segundo refere-se à inclusão de multas caso o fabricante exceda tal meta (WANG et al, 2010). O regulamento da fase 1 e 2 estabelecia que um modelo não seria mais fabricado se excedesse o limite de consumo de combustível permitido em sua classe de peso. Esta regra foi considerada muito rígida pela indústria automobilística, de forma que os fabricantes solicitaram alguns mecanismos que facilitassem o atendimento ao padrão.

O primeiro mecanismo transforma o padrão chinês em um padrão médio, cuja meta de cada fabricante ou importador é baseada no mix de produtos que comercializa. A Tabela 4.8 é usada para calcular a meta de cada fabricante.

Tabela 4.8: Metas das classes de peso da fase 3 do padrão chinês

Peso (kg)	Meta de consumo de combustível (L/100km)	Meta de consumo de combustível com atributos especiais (L/100km)
$CM \leq 750$	5,2	5,6
$750 \leq M \leq 865$	5,5	5,9
$865 \leq M \leq 980$	5,8	6,2
$980 \leq M \leq 1090$	6,1	6,5
$1090 \leq M \leq 1205$	6,5	6,8
$1205 \leq M \leq 1320$	6,9	7,2
$1320 \leq M \leq 1430$	7,3	7,6
$1430 \leq M \leq 1540$	7,7	8,0
$1540 \leq M \leq 1660$	8,1	8,4
$1660 \leq M \leq 1770$	8,5	8,8
$1770 \leq M \leq 1880$	8,9	9,2
$1880 \leq M \leq 2000$	9,3	9,6
$2000 \leq M \leq 2110$	9,7	10,1
$2110 \leq M \leq 2280$	10,1	10,6
$2280 \leq M \leq 2510$	10,8	11,2
$M > 2510$	11,5	11,9

Fonte: WANG et al (2010)

A média de consumo de combustível do fabricante em um dado ano (CAFC) é definida como o somatório do produto do consumo certificado de cada modelo (FCi) com o seu volume de produção (Vi) dividido pelo total da produção de veículos do fabricante em um ano (Vi), de acordo com a equação 4.1.

$$CAFC = \frac{\sum_1^N FCi \times Vi}{\sum_1^N Vi} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

A meta do padrão (T_{CAFC}) em um dado ano é calculada de forma similar ao cálculo da CAFC. A única diferença consiste na substituição do consumo certificado de cada modelo pela meta (Ti) de consumo de combustível da classe que o veículo i pertence (tabela 4.8), conforme a equação 4.2.

$$T_{CAFC} = \frac{\sum_1^N Ti \times Vi}{\sum_1^N Vi} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Um fabricante alcançará a meta da fase 3 se o consumo médio atual da sua frota (CAFC) não exceder a meta (T_{CAFC}) para um dado ano, mesmo que haja alguns modelos que não atendam a meta correspondente de consumo de combustível de sua classe. Porém, o regulamento estabeleceu uma ressalva para prevenir a fabricação e comercialização de modelos tecnologicamente obsoletos e que apresentem alto consumo. As metas da fase 2 ainda serão utilizadas como máximo limite de consumo de combustível na classe de peso do veículo para a sua admissão no mercado chinês, ou seja, a regra de proibição de comercialização de veículos ineficientes ainda está em vigor.

O segundo mecanismo apontado por WANG et al (2010) de flexibilidade do padrão são as multas que serão impostas caso o fabricante não cumpra a meta. O governo chinês está avaliando três tipos de sanções que serão aplicadas nas montadoras que não atenderem à fase 3. WANG et al (2010) apontam as seguintes alternativas de penalidades:

- A imposição de multas ou impostos, calculados com base na diferença da meta requerida e do atual consumo médio da frota de um dado ano multiplicada pelo número de veículos vendidos.
- Imposição de um imposto especial para modelos cujo consumo ultrapassa as metas da tabela 4.8.
- A combinação de multas ou impostos sobre as fabricantes que não atenderem a fase 3 e a cobrança de impostos sobre a compra de modelos que ultrapassarem os valores da tabela 4.8. Adicionalmente, o governo também pode anunciar publicamente as montadoras que não atendem a fase 3 e os modelos cujo o consumo de combustível está acima do seu limite permitido de sua classe de peso (WANG et al , 2010).

O governo chinês estabeleceu um período de transição para a observância do padrão para os fabricantes entre os anos de 2012 a 2014. Durante este período os fabricantes poderão exceder a meta do padrão em uma percentagem de 9% em 2012, 6% em 2013 e 3% em 2014 (ICCT, 2010).

4.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Embora o Japão e a União Européia possuam os padrões mais rígidos instituídos até o momento, as análises apresentadas nas seções anteriores mostraram que estes países caminham em direções opostas em relação ao atendimento do padrão por sua indústria automobilística. Enquanto a grande maioria dos novos veículos japoneses conseguiu cumprir o padrão de 2010 antes do prazo limite, a indústria automobilística européia não atendeu o padrão estabelecido para 2008 e terá que alterar rapidamente o perfil da sua frota na direção de veículos mais eficientes e reverter a tendência de aumento de peso da sua frota para atender a meta do padrão em 2015.

Segundo o estudo de FONTARAS e SAMARAS (2010) o alcance da meta de 130g CO₂/km demandará ajustes e a introdução de novas tecnologias. Baseado nas emissões de CO₂ de 2008, o estudo destes autores previu que a frota de novos veículos poderia atingir o patamar de 138g CO₂/km, se introduzisse ajustes

conjuntos de redução de 10% do peso, 10% de diminuição na resistência aerodinâmica, 20% de redução na resistência de rolamento e 7,5 % de aumento na eficiência no *powertrain*.

Embora os níveis de consumo de combustível dos automóveis chineses tenha decrescido a partir da introdução das fases 1 e 2, o nível de consumo médio de combustível dos novos automóveis de passageiros na China continua defasado em relação aos mercados avançados. Em relação ao padrão europeu, a defasagem é de 28% em relação à meta prevista para 2015.

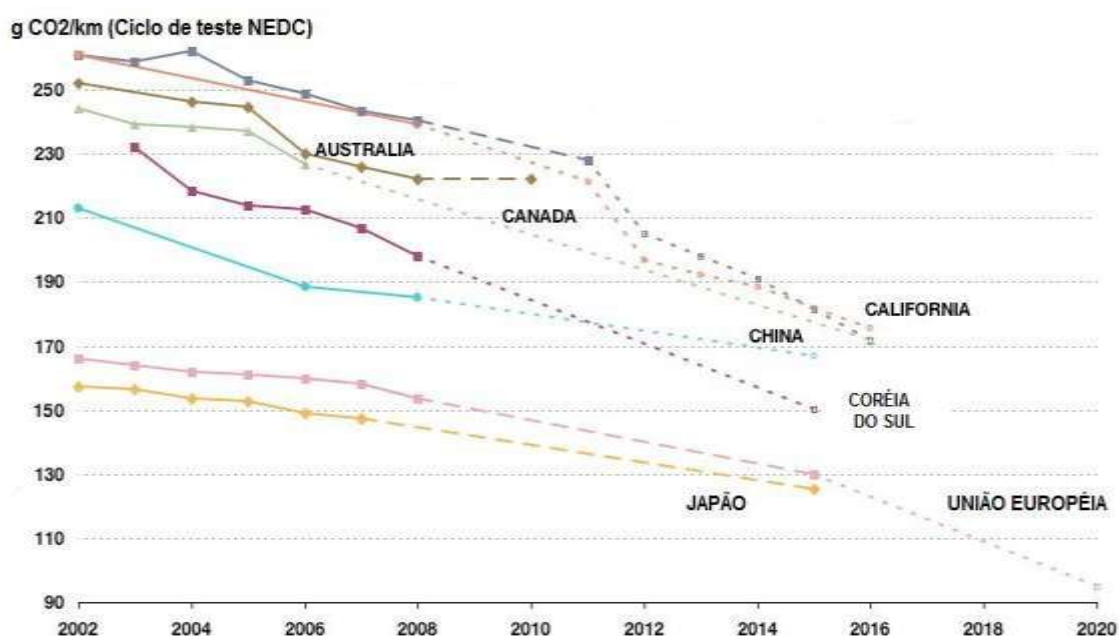


Figura 4.17: Comparação dos padrões de eficiência energética em emissões de CO₂
Fonte: ICCT (2010)

Os programas japonês e chinês mostram que o instrumento normativo compulsório apresenta um significativo potencial de aumento da eficiência energética da frota de veículos leves. Observa-se também um maior esforço realizado pelas montadoras europeias para diminuição das emissões de CO₂, após a instituição de um padrão compulsório (T&E, 2009). Observa-se na tabela 4.9 que os países onde foram implantados programas de padronização compulsórios obtiveram maior êxito no alcance das metas do padrão.

Tabela 4.9: Resultados do estabelecimento dos padrões compulsórios e voluntários.

Países/ Regiões	Padrões Obrigatórios			Acordos Voluntários		
	Ano da introdução	Ano limite (<i>Target year</i>)	Resultado	Ano da introdução	Ano limite (<i>Target year</i>)	Resultado
EUA	1975	a cada ano- modelo	A	Não houve		
	2006		A			
UE	2007	2015	Indefinido	1995	2012	N
				1999	2008	N
Japão	1999	2010	A	1979	1985	N
	2007	2015	Indefinido	1993	2000	N
China	2004	2005	A	Não houve		
	2004	2008	A			

Fonte: ONADA (2008); IGUCHI (2008)

Notas: A – Meta alcançada; N – Meta não alcançada

Este capítulo mostrou que os padrões devem ser elaborados cuidadosamente. O programa CAFE, por exemplo, mostrou claramente como a intervenção governamental através de um instrumento normativo pode abrir caminhos para a indústria aproveitar as brechas da regulação em benefício próprio. O aumento da porcentagem dos comerciais leves na frota norte-americana devido à menor rigidez do padrão CAFE, associado à falta de ajuste de suas metas, prejudicou a trajetória de aumento da eficiência energética veicular que ocorria até meados da década de 80. Com a expressiva queda do preço do petróleo, o governo norte-americano deixou que as forças de mercado atuassem sem amparo de uma regulação apropriada. Neste sentido, outros países interessados em adotar padrões de eficiência energética veicular devem considerar as lições aprendidas pela experiência dos países apresentados neste capítulo.

CAPÍTULO 5: PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO E POLÍTICAS BASEADAS EM INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Este capítulo apresenta as ações dos governos europeus e norte-americano visando o aumento da eficiência de consumo da frota de novos veículos leves através do estabelecimento de programas de informação e instrumentos econômicos. Estas políticas induzem à inovação e difusão de novas tecnologias a partir do mecanismo de *demand-pull* apresentado no capítulo 2.

5.1 PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO

Os programas de informação ao consumidor de veículos visam fornecer informações sobre o consumo específico dos veículos novos, e/ou das suas emissões de CO₂, de forma clara e comparativa, influenciando o consumidor a escolher um veículo mais eficiente. A etiquetagem temporária⁷⁹ tem sido adotada por vários países⁸⁰ desde o final da década de 70, sendo o principal componente de um programa de informação veicular (RAIMUND e FICKL, 2001). Os outros componentes consistem de um guia oficial de consumo de combustível, painéis expostos nos pontos de venda, e *websites* informativos de órgãos oficiais que apresentam a eficiência energética dos veículos disponíveis no mercado (ABREU, 2007). Além disso, outras medidas complementares podem ser aplicadas para o aumento da credibilidade e visibilidade do programa, como por exemplo, a publicidade das etiquetas na mídia impressa e eletrônica e a obrigatoriedade da exposição das informações de consumo de combustível e emissões de CO₂ em todo o material promocional dos fabricantes, como acontece na União Européia.

O desenho do programa de etiquetagem é uma tarefa complexa para os formuladores de políticas públicas. A definição de sua metodologia, dos procedimentos técnicos e legais, e outros aspectos essenciais como o formato e conteúdo da etiqueta, a colaboração de fabricantes e varejistas, bem como o empenho do governo são

⁷⁹ A etiqueta é retirada pelo consumidor assim que o veículo é adquirido.

⁸⁰ Em 1976 nos Estados Unidos (GELLER et al., 2006), em 1978 na Suécia (WAHNSCHAFFT e HUH, 2000) e em 1979 no Japão (WIEL e MCMAHON, 2005).

fundamentais para o seu êxito (WIEL e MCMAHON, 2005). As próximas seções descrevem estes elementos básicos do programa.

5.1.1 TIPOS DE SISTEMA DE ETIQUETAGEM

Os programas de etiquetagem podem ser classificados em dois tipos básicos: o sistema não-comparativo e o sistema comparativo. No sistema não-comparativo, as etiquetas apresentam a informação da eficiência energética e/ou das emissões de CO₂, sem a comparação entre os demais veículos vendidos no mercado. Tal sistema apenas contribui para a melhor divulgação de uma informação já existente nos manuais do veículo, e geralmente é mais bem aceito pela indústria automobilística (DE HAAN et al, 2009; RAIMUND e FICKL, 1999).

No sistema comparativo, as etiquetas podem apresentar dois tipos de comparação: a comparação absoluta ou a comparação relativa. A comparação absoluta mostra a eficiência energética do veículo em comparação a todos os tipos de veículos leves vendidos, ao contrário da comparação relativa que é feita com base nos veículos similares agrupados por atributos ou parâmetros de classificação da frota, como tamanho, peso, potência, cilindrada, e outros (WAHNSCHAFFT e HUH, 2001).

Os fatores de comparação (consumo específico de combustível ou emissões específicas de CO₂) estão diretamente relacionados à eficiência energética e são utilizados conforme os objetivos que o governo deseja alcançar com o estabelecimento do programa. A utilização do consumo específico como fator de comparação enfoca mais o aspecto econômico, enquanto o fator de comparação baseado em emissões específicas de CO₂ consiste em uma estratégia política mais voltada para os aspectos ambientais (ABREU, 2007). A figura 5.1 mostra o diagrama com os tipos de sistema de etiquetagem de veículos.

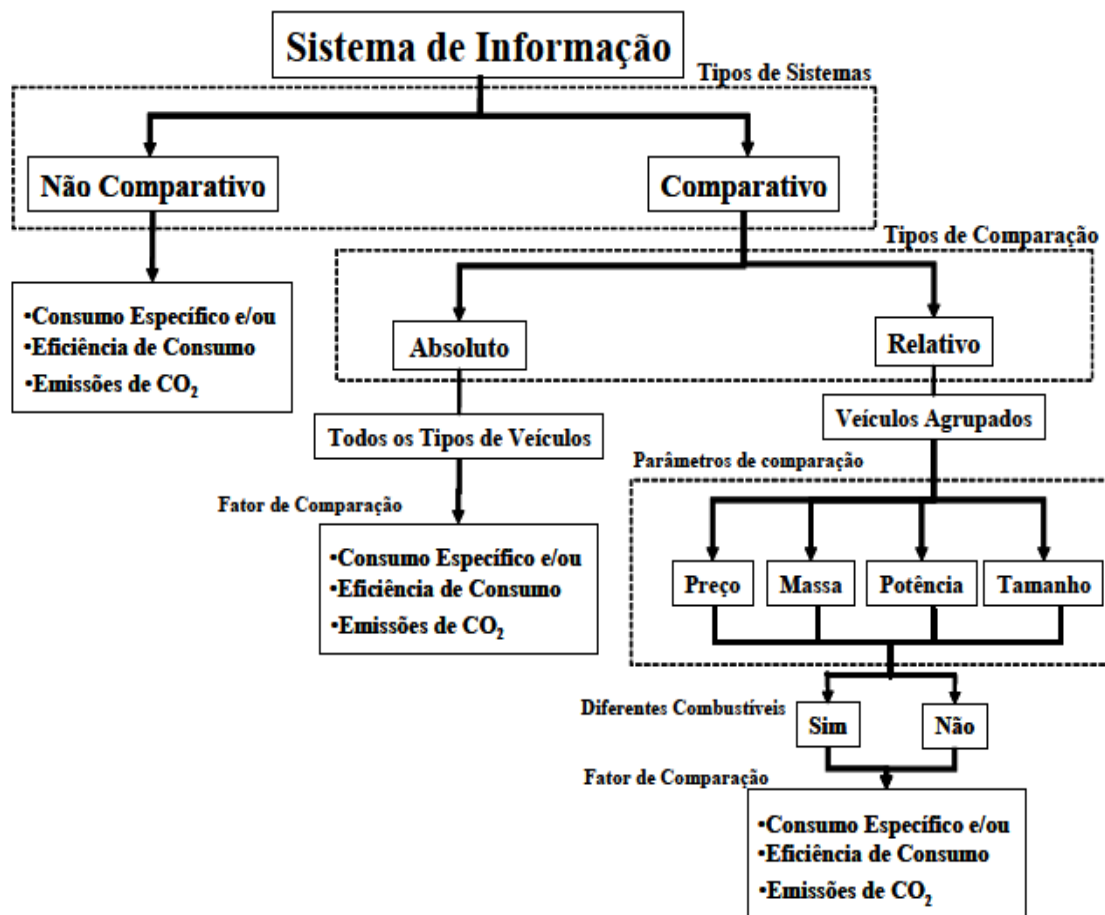


Figura 5-1: Tipos de sistemas de etiquetagem de veículos

Fonte: ABREU (2007)

5.1.2 TIPO, LAYOUT E CONTEÚDO DA ETIQUETA VEICULAR

O principal objetivo da etiqueta é garantir um bom efeito de comunicação. O *layout* deve ser simples e de fácil compreensão (RAIMUND e FICKL, 1999). A pesquisa de EGAN e WAIDE (2005) aponta que etiquetas que apresentam a classificação da eficiência energética através de símbolos (como estrelas, por exemplo), letras ou números são consideradas de fácil reconhecimento no momento da compra do produto. O uso de cores também é recomendado para aumentar o impacto visual da etiqueta (RAIMUND e FICKL, 1999).

WIEL e MCMAHON (2005) apontam três tipos de etiqueta: as etiquetas de endosso, as comparativas e as de informação.

As etiquetas de endosso são basicamente “selos de confirmação”, assegurando a conformidade frente a determinado critério. As etiquetas de comparação permitem que o consumidor compare o desempenho energético de um determinado produto com outros disponíveis no mercado, e as etiquetas de informação apenas apresentam o desempenho energético do produto.

A pesquisa de WAHNSCHAFFT e HUH (2001) ressalta que a utilização de etiquetas veiculares derivadas das etiquetas de aparelhos eletrodomésticos facilita o entendimento e reconhecimento da informação, se o layout da etiqueta destes aparelhos já for familiar ao consumidor. Além disso, o esforço de conscientização da população sobre o uso da etiqueta veicular reforçará também a etiqueta dos eletrodomésticos, e vice-versa.

O *layout* da etiqueta bem definido é uma condição necessária, mas não suficiente para que o programa de etiquetagem obtenha um impacto significativo de transformação do mercado. Um bom *layout* gera níveis mais altos de compreensão e motivação do consumidor, mas é somente uma das condições que irão garantir a efetividade do programa (EGAN e WAIDE, 2005).

5.1.3 COMPROMETIMENTO DOS FABRICANTES E VAREJISTAS

O principal objetivo dos fabricantes de automóveis é produzir veículos que sejam atrativos aos consumidores, e desta forma adequar uma série de características tais como qualidade, desempenho, preço, os quais nem sempre são compatíveis com o projeto do veículo. A introdução de um programa de etiquetagem destaca a eficiência energética como uma característica relevante no projeto de desenvolvimento do produto, se o programa for bem formulado. Em geral, os fabricantes de produtos mais eficientes terão mais comprometimento com o programa do que aqueles que vendem modelos com baixa eficiência energética. Além da adesão do fabricante ao programa, o seu comprometimento se expressa na quantidade de modelos que são etiquetados. Cabe ressaltar que uma quantidade suficientemente numerosa precisa ser etiquetada para que o consumidor possa escolher o produto com o melhor desempenho energético.

O suporte dos varejistas também é importante, na medida em que eles podem ajudar a divulgar o programa, ou até modificar o mix de produtos que ofertam nas lojas. Por outro lado, tais atores também podem ter uma atitude desfavorável quando os seus vendedores, principalmente quando trabalham com o sistema de comissões, estimulam a compra de produtos com maior margem de lucro ou com maior número de acessórios, que geralmente apresentam maior gasto energético (WIEL e MCMAHON, 2005).

5.1.4 EMPENHO DO GOVERNO

WIEL e MCMAHON (2005) destacam que, após a elaboração de estudos sobre os impactos do programa e definição dos procedimentos técnicos e legais, é importante que agência ou órgão do governo encarregado de executar o programa de etiquetagem desenvolva um plano de implementação cobrindo todos os principais aspectos das etapas subseqüentes do programa. O plano não precisa ser extenso, mas deve especificar as etapas, a determinação das diretrizes, especificações técnicas, cronograma de implementação do programa junto com os fabricantes e outras entidades participantes, promoção e divulgação, fiscalização, monitoramento e regular revisão das regras e especificações.

Várias medidas podem aumentar a eficácia do programa de etiquetagem, tais como a promoção do programa via anúncios públicos na mídia (rádio, televisão, revistas e jornais), campanhas de educação dos consumidores, apresentações do programa em conferências e seminários, prêmios de eficiência energética para as montadoras ou modelos que apresentem os melhores resultados no programa.

As pesquisas de AMANN et al (2007), GREENE et al (2005), WAHNSCHAFFT e HUH, (2001) apontam que geralmente os consumidores fazem suas decisões de compra do veículo antes de visitar o ponto de venda. Desta forma, além da etiqueta, outros meios de divulgação sobre a eficiência energética devem alcançar o consumidor antes que ele finalize sua decisão de compra.

Segundo ABREU (2007), o programa de etiquetagem precisa ser amplamente divulgado antes de entrar em vigor a fim de obter o apoio necessário de associações de consumidores, imprensa especializada e consumidores diretos.

WIEL e MCMAHON (2005) ressaltam que a publicação do guia de eficiência energética na internet em um *site* criado especialmente para esta finalidade, é importante para o aumento da visibilidade do programa. Além disso, o site pode possuir outras ferramentas de informação como a comparação da eficiência de modelos, explicação sobre o programa de etiquetagem, informações sobre o uso e manutenção do veículo visando a economia de combustível, entre outras possibilidades.

Os procedimentos de monitoramento e a fiscalização são essenciais para assegurar a integridade do programa, bem como manter a credibilidade do consumidor na certificação dos veículos. WIEL e MCMAHON (2005) indicam que reuniões periódicas, procedimentos de monitoração da adesão dos fabricantes e a definição de penalidades que garanta o atendimento ao programa dos fabricantes e varejistas. As penalidades são necessárias para o cumprimento das regras do programa pelos fabricantes e distribuidores/varejistas. Por exemplo, punições ao não-cumprimento das regras ou não-adesão podem incluir o anúncio público das montadoras não participantes e a perda de incentivos fiscais e subsídios financeiros. O prenúncio do estabelecimento de um programa compulsório, se comprovado a falta de adesão, também pode ser eficaz.

O governo holandês, por exemplo, instituiu a partir de 1990, acordos voluntários em 31 setores industriais que resultaram em uma melhoria de eficiência energética de cerca de 20% até 2000. As empresas se comprometeram a desenvolver um plano de melhoria de eficiência energética e em melhorá-la sempre que for técnica e economicamente viável, bem como concordaram em relatar seu progresso anualmente. Em troca, o governo forneceu incentivos fiscais para investimentos em tecnologias, proteção contra a regulamentação obrigatória e subsídios financeiros (GELLER, 2003).

Também é necessário para a efetividade do programa a avaliação o impacto do programa junto ao público consumidor, fabricantes e instituições participantes, de modo que ele seja continuamente revisado e ajustado para produzir o resultado esperado. Um processo de revisão aberto e transparente pode ajudar o fabricante a minimizar os custos de adaptação aos requisitos destes programas, e estimular a introdução de tecnologias mais avançadas.

As próximas seções analisam as principais ações desenvolvidas para a implantação dos programas de informação introduzidos na União Européia e nos Estados Unidos.

5.2 EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE OS PROGRAMAS DE INFORMAÇÃO

5.2.1 UNIÃO EUROPEIA

O programa de informação sobre veículos leves é o segundo pilar da estratégia da União Europeia para reduzir as emissões de CO₂. O programa entrou em vigor⁸¹ nesta região em 2001, através da Diretiva (1999/94/CE), que estipulou a obrigatoriedade da afixação de etiquetas informativas sobre o consumo específico e emissões de CO₂, através de um sistema não comparativo. Além da etiqueta, o programa de informação europeu consiste de mais três componentes: um guia de informação, um painel no ponto de venda contendo os dados de eficiência energética (consumo específico de combustível e emissões específicas de CO₂), e ainda a exposição dos dados de eficiência energética em todo o material promocional dos fabricantes. As penalidades para o caso de violação das normas da diretiva são estabelecidas por cada estado-membro da União Europeia.

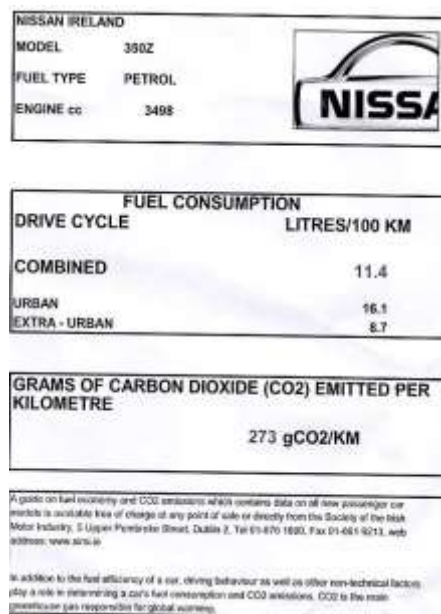
Todos os países membros da União Europeia devem apresentar como requisito mínimo um formato padrão de etiqueta, com dimensões 297 mm x 210 mm (A4), valores numéricos do consumo específico de combustível em l/100 km e das emissões específicas de CO₂ em g/km. Além das informações básicas de identificação do veículo, a etiqueta deve apresentar uma ressalva de que a eficiência energética é influenciada pela condução do motorista (EC, 2000).

Ainda não há uniformidade do formato e conteúdo da etiqueta nos países da União Europeia. Em 2007 foi proposto um modelo único de etiqueta que deverá ser adotado nos próximos anos. A Figura 5.2 apresenta exemplos da etiqueta com os requerimentos mínimos definidos pela diretiva (1999/94/CE).

⁸¹Alguns países como o Reino Unido já apresentavam suas próprias etiquetas veiculares desde o final da década de 70 (DE HAAN et al, 2009)



(a)



(b)

Figura 5-2: Exemplos de etiqueta adotada na Finlândia (a) e Irlanda (b)

Fonte: ADAC, 2005.

Alguns países como Bélgica, Dinamarca, Reino Unido, Portugal e Espanha implantaram sistemas de etiquetagem comparativos absolutos, em que o formato e as informações da etiqueta são simples e garantem melhor efeito de comunicação. O *layout* empregado é semelhante aos eletrodomésticos com faixas coloridas referentes às classes de emissões de CO₂, tendo assim um formato familiar ao consumidor (RAIMUND e FICKL, 1999). Além dos requisitos básicos definidos na diretiva (1999/94/CE), alguns países divulgam outros dados na etiqueta, tais como preço anual do consumo de combustível e imposto de propriedade do veículo, como mostra a figura 5.3.

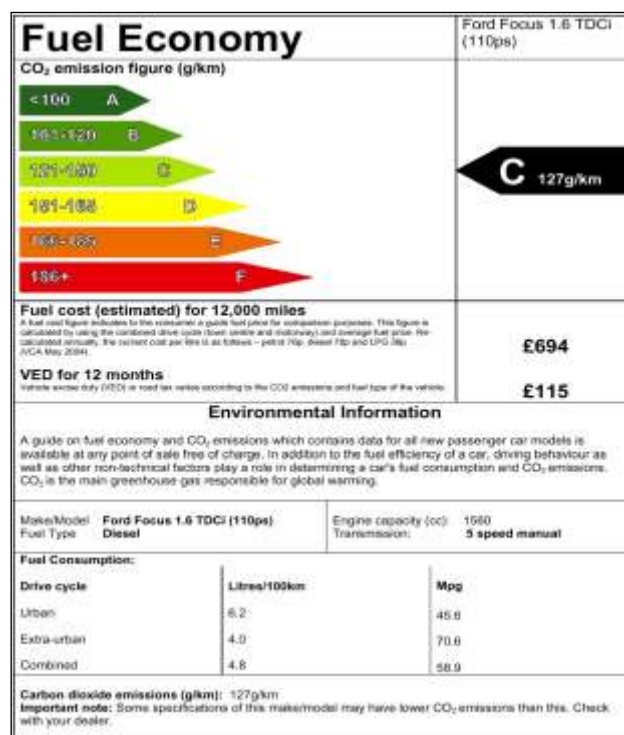


Figura 5-3: Exemplo de etiqueta adotada no Reino Unido

Fonte: ADAC (2005).

Os últimos relatórios dos Estados Membros e estudos sobre a efetividade do programa de etiquetagem europeu revelaram a necessidade de revisão do programa (EC, 2008b).

O estudo da ADAC (2005) encomendado pela Comissão europeia mostrou a falta de conhecimento do consumidor europeu em relação à etiqueta⁸², bem como ao poster e ao guia de consumo. Foi divulgado que as informações apresentadas através das etiquetas e dos guias em alguns países tinham pouco efeito sobre a decisão de compra do veículo. Os meios mais utilizados para se obter informação a respeito do consumo específico consistiam dos vendedores, websites (especialmente dos fabricantes), revistas especializadas e material promocional do fabricante.

Uma consulta pública recente sobre a proposta de revisão da Diretiva 1999/94/EC (EC, 2008), mostrou que 76% dos entrevistados estavam cientes da obrigatoriedade da afiação da etiqueta no ponto de venda, bem como da exposição das informações de consumo de combustível e emissões de CO₂ no material promocional dos

⁸² Embora mais de 60% dos entrevistados holandeses tinham conhecimento do programa de etiquetagem, em alguns países como Áustria, Espanha, Finlândia e Portugal, somente 25% dos entrevistados, em média, possuíam conhecimento sobre as etiquetas veiculares (ADAC, 2005).

fabricantes. Entretanto, mais de 50% dos entrevistados afirmaram que a etiqueta afixada nos novos veículos no ponto de venda eram insuficientes e inadequadas, e 40% preferiram a classificação das emissões em barras coloridas (semelhante às encontradas nos aparelhos eletrodomésticos) apresentando a comparação absoluta ou relativa das emissões de CO₂ (igual porcentagem de entrevistados optaram por uma destas formas de comparação) (EC, 2008).

Cerca de 70% dos entrevistados discordaram totalmente ou parcialmente com a auto-regulação da indústria automotiva sobre a quantidade de informação sobre o consumo e emissões de CO₂ que devem ser expostas no material de propaganda dos fabricantes. Dois-terços afirmaram que a classificação das emissões de CO₂ conforme a etiqueta de eletrodomésticos (de A a G), deve estar presente no material de propaganda dos veículos (EC, 2008).

5.2.2 ESTADOS UNIDOS

O programa de informação norte-americano teve início⁸³ em 1978, em caráter obrigatório para os veículos leves vendidos no país, e foi implantado em conjunto com o padrão de economia de combustível CAFE.

O programa é basicamente composto pela etiqueta afixada na janela dos veículos novos, um guia de economia de combustível disponível no ponto de venda e na internet informando a eficiência de consumo do veículo em milhas por galão, e um site na internet. Caso o fabricante propositadamente não afixar a etiqueta no novo veículo que fabrica ou importa, ou o varejista que não mantiver a etiqueta no ponto de venda, uma multa de até mil dólares será aplicada para cada veículo que não for etiquetado.

⁸³ Através da lei Energy Policy and Conservation Act (EPCA) aprovada em 1975.

Tabela 5-1: Componentes do programa de informação norte-americano

Fonte de informação	Forma de difusão
Etiqueta veicular	Etiqueta afixada no veículo no ponto de venda
Guia de eficiência de consumo (<i>Fuel Economy Guide</i>).	Manual impresso anualmente no ponto de venda e também disponível na Internet nos sites: www.fuel.economy.gov ; www.epa.gov ; www.energy.gov ;
Site na Internet	Site www.fuel.economy.gov
Outras formas de informação	- Guia de veículos verdes (<i>Green Vehicle Guide</i>) disponível no site www.epa.gov/greenvehicles - sites de órgãos oficiais: www.arb.ca.gov/msprog/ccbg.htm ; www.greencars.com .

Fonte: Elaboração a partir de ABREU (2007).

Em 2006, ocorreram mudanças no programa de etiquetagem em função da alteração da lei 40 CFR-part 600. As principais alterações tratam da forma e do conteúdo da etiqueta, do tipo de teste de condução⁸⁴, e da abrangência dos veículos a serem testados. As alterações tornaram-se obrigatórias a partir do ano-modelo de 2008 (EPA, 2010).

O conteúdo da nova etiqueta consiste da estimativa da economia de combustível do veículo em milhas por galão (mpg) na cidade no canto esquerdo (1), e na estrada no canto direito (2) da etiqueta. Abaixo destes valores, é visto a faixa esperada da economia de combustível do veículo tanto na cidade (3) quanto na estrada (4). A parte central da etiqueta fornece o custo⁸⁵ anual estimado (5) e apresenta a estimativa da economia de combustível combinada para o ciclo urbano/estrada em relação aos veículos da mesma classe através de um gráfico em barra (6). A etiqueta apresenta uma ressalva de que a economia de combustível pode variar de acordo com a maneira que o veículo é conduzido e mantido (7) e o link para o site www.fuel.economy.gov. A etiqueta atual e a antiga são mostradas na figura 5.4.

⁸⁴ O novo tipo de ciclo de condução adotado com a reforma da lei apresenta condições mais realistas de direção dos consumidores norte-americanos, tais como testes com velocidades mais altas e rápidas acelerações, testes realizados com ar-condicionado, e testes realizados com veículos operando em ambientes de baixas temperaturas. As modificações da lei também consideram a pressão dos pneus, carregamento dos veículos, inclinação das vias e propriedades dos combustíveis. Nos atuais testes, os veículos apresentam eficiência energética menor devido a estas alterações do ciclo de condução (EPA, 2009).

⁸⁵ Baseados em um valor médio de milhas trafegadas e um custo do combustível estimado.

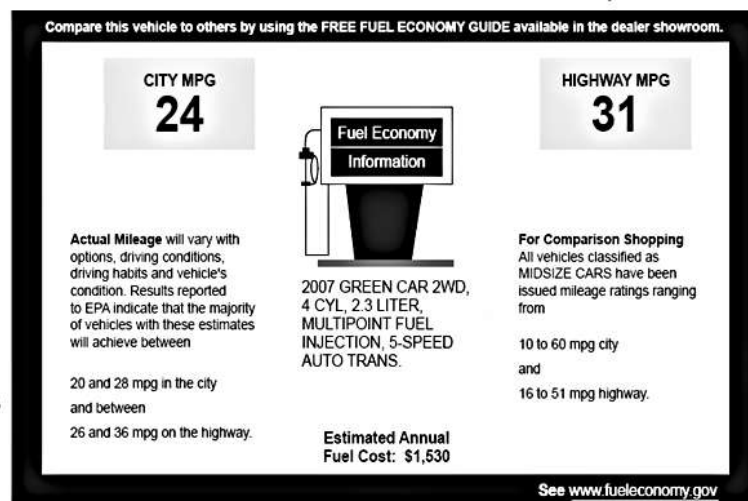
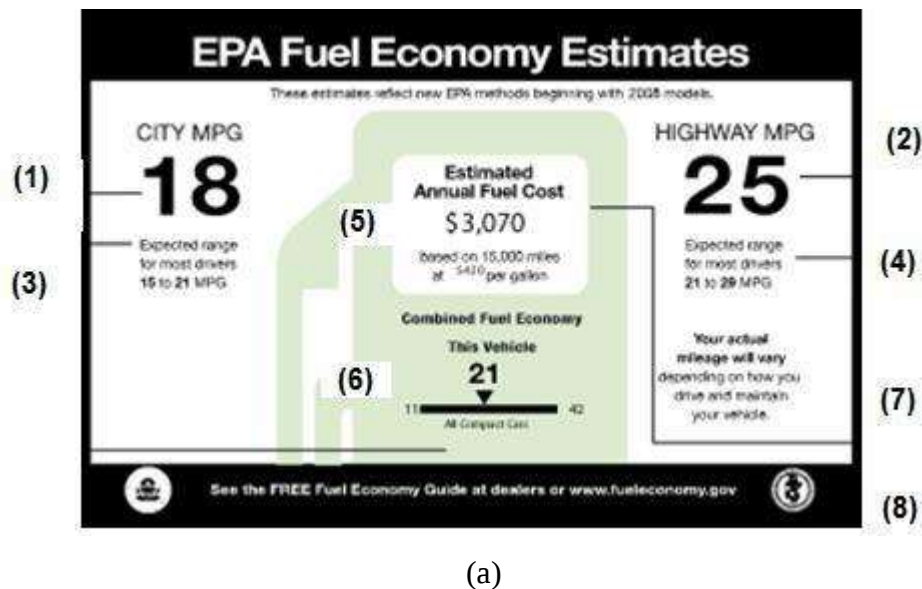


Figura 5-4: Etiqueta norte-americana atual (a) e antiga (b)

Fonte: EPA (2010)

O layout e conteúdo de informações da nova etiqueta foram aperfeiçoados de modo a facilitar a compreensão do consumidor sobre a economia de combustível, em função da menor quantidade de texto e detalhes técnicos do veículo, maior destaque das estimativas da economia de combustível, e da adição do gráfico comparativo que apresenta a economia de combustível em relação aos veículos da mesma classe. Entretanto, segundo AMANN et al (2007), a falta de comparação entre todas as classes de veículos continua prejudicando a percepção do consumidor quanto à

escolha de um veículo mais eficiente. Isso acontece porque o sistema de etiquetagem norte americano é comparativo relativo. Os automóveis são divididos em 8 classes conforme o volume interno e os comerciais leves são agrupados em sete classes conforme o peso do veículo⁸⁶.

O tipo de comparação do sistema de etiquetagem é um ponto contraditório entre vários pesquisadores. Para RAIMUND e FICKL (2001), o sistema comparativo é preferido pelos consumidores que geralmente selecionam um novo automóvel dentro de uma certa faixa de preço, tamanho e outros parâmetros conforme as suas necessidades. Por outro lado, este sistema não incentiva as montadoras a alterar seu mix ou portfólio de vendas, na direção de automóveis de tamanhos e pesos menores (ONADA, 2008).

Entretanto, a pesquisa de AMANN et al (2007), encomendada pela EPA na época da revisão do programa de etiquetagem, mostrou que quase a metade dos consumidores entrevistados compram seus veículos comparando-os entre duas ou mais classes. Alguns dos entrevistados também mencionaram que uma comparação da economia de combustível, considerando todas as classes de veículos, poderia influenciar os consumidores a considerar a compra de veículos mais eficientes.

Em relação aos resultados do programa de etiquetagem, existe pouca informação sobre a eficácia do programa introduzido nos Estados Unidos há mais de três décadas. Em 2003, o US-DOE, através do *Oak Ridge National Laboratory* realizou uma pesquisa (GREENE et al, 2005) visando aperfeiçoar a difusão das informações fornecidas pelos *websites* do programa de informação. Os resultados desta pesquisa⁸⁷ mostraram o desinteresse dos entrevistados em relação à questão ambiental no processo de compra do veículo, assim como a questão da economia de combustível é considerada por alguns em função do aspecto econômico, e não ambiental.

A pesquisa de AMANN et al (2007) realizada entre dezembro de 2004 a março de 2005 apresenta algumas informações sobre os hábitos de compra dos consumidores norte-americanos:

⁸⁶ Conforme o peso do veículo mais a sua capacidade de carga (*Gross Vehicle Weight Rating*).

⁸⁷ A pesquisa foi realizada nas cidades de Knoxville (TN) e Los Angeles (CA).

- Os quatro critérios considerados mais importantes na decisão de compra para a maioria dos entrevistados foram: confiabilidade, segurança, preço e desempenho do veículo.
- A economia de combustível foi considerada como um critério importante por 49% dos entrevistados quando compram um novo veículo e moderadamente importante para os demais entrevistados.
- O desempenho ambiental foi citado como um critério mais importante na compra do veículo por 21% dos entrevistados. A maioria dos entrevistados (61%) considera este critério moderadamente relevante e 18% dos entrevistados consideram o desempenho ambiental como o critério menos importante de todos os critérios listados.
- Os entrevistados estão mais propensos a procurar um veículo em várias classes de veículos do que em apenas uma classe.

A pesquisa de mercado de AMANN et al (2007) mostrou resultados incompatíveis com as revisões realizadas em 2006 pela EPA, os quais culminaram no novo formato da nova etiqueta norte-americana. Para AMANN et al (2007), tais revisões “representam uma oportunidade perdida de otimizar o valor da etiqueta”. Segundo WAHNSCHAFFT e HUH (2001), historicamente o programa de etiquetagem veicular norte-americano sempre teve um caráter passivo, e nunca foi desenhado para persuadir o consumidor a comprar veículos mais eficientes.

5.3 INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

5.3.1 UNIÃO EUROPÉIA

Os impostos e taxas que incidem sobre os veículos de passageiros são uma fonte significativa de receita tributária nos países da União Européia, bem como um fator relevante na decisão de compra de um novo veículo pelo consumidor europeu (KUNERT e KUHFIELD, 2007). Cada país tem uma legislação tributária diferente e diversos incentivos fiscais que incidem sobre a aquisição, propriedade e uso do veículo (ACEA, 2010).

5.3.1.1 SISTEMA TRIBUTÁRIO

Segundo KUNERT e KUHFIELD (2007) e RYAN et al (2009), são arrecadados os seguinte tributos pelos governos dos países da UE:

- Tributos não recorrentes derivados da compra e registro dos veículos, tais como o imposto sobre o valor agregado, imposto sobre o registro do veículo e taxas de registro.
- Tributos periódicos sobre a propriedade ou posse do veículo: imposto de circulação e imposto/taxa sobre o seguro do veículo
- Cobranças relativas ao uso do veículo: imposto sobre o combustível e outras cobranças que podem ser evitadas pelos proprietários, tais como, pedágios, custos de estacionamento, entre outros.

A figura 5.5 mostra as diferenças dos sistemas tributários em vários países⁸⁸ da UE:

⁸⁸ Também foram incluídos nesta lista a Suíça e Noruega que não fazem parte da UE.

<i>País</i>	<i>VAT (%)</i>	<i>Imposto de registro (R)</i>	<i>Taxa de registro (RF)</i>	<i>Taxa do veículo (V)</i>	<i>Imposto sobre o combustível (P)</i>
A	20	R	RF	V	P
B	21	R	RF	V	P
CH	7.6	—	RF	V	P
CY	15	R	RF	V	P
CZ	19	—	RF	V	P
D	16	—	RF	V	P
DK	25	R	RF	V	P
E	16	R	RF	V	P
EST	18	—	RF	—	P
F	19.6	R	—	V	P
FIN	22	R	—	V	P
GB	17.5	—	RF	V	P
GR	19	R	—	V	P
H	25	R	—	V	P
I	20	R	RF	V	P
IRL	21	R	—	V	P
L	15	—	RF	V	P
LT	18	R	RF	V	P
LV	18	R	RF	V	P
M	18	R	—	V	P
N	25	R	—	V	P
NL	19	R	RF	V	P
P	19	R	RF	V	P
PL	21	R	RF	—	P
S	25	—	—	V	P
SK	19	—	RF	V	P
SLO	20	R	—	V	P

Figura 5-5: Tributos incidentes na compra, registro e uso dos veículos de passageiros

Fonte: KUNERT e KUHFIELD (2007).

Notas: A-Austria; B-Bélgica; DK-Dinamarca; FIN-Finlândia; F-França; D-Alemanha; GR-Grécia; IRL-Irlanda; I-Itália; L-Luxemburgo; NL-Holanda; P-Portugal; E-Espanha; S-Suécia; CH-Suíça, EST-Estônia; GB- Reino Unido; CY- Chipre; CZ- República Checa; PL-Polônia; H- Hungria; LT-Lituânia; N- Noruega; M-Malta; L- Latvia; SK-Eslováquia; Slovênia- SLO.

Na aquisição do veículo incidem os tributos não recorrentes, tais como, o imposto de valor agregado⁸⁹, cobrado em todos os países, e o imposto sobre o registro do veículo, cobrado na maioria dos países, exceto na Alemanha, Reino Unido, Luxemburgo, República Tcheca, Suécia e Eslováquia.

⁸⁹ Value Added Tax – VAT.

De maneira geral, a base para o cálculo do imposto de registro são as emissões de CO₂, mas também há várias outras que consideram o consumo de combustível, potência do veículo, capacidade do motor, tamanho e outros (ACEA, 2010).

Na avaliação de MANDEL (2009), o imposto de registro do veículo causa um impacto negativo na comercialização dos automóveis para o consumidor final entre os países membros. Alguns estudos consideram que sua abolição teria impactos positivos no funcionamento do mercado interno europeu. Para os fabricantes de automóveis europeus, esse imposto prejudica a renovação da frota nos países onde a tributação é muito elevada. Segundo ACEA (2010), as montadoras européias são a favor de um regime de tributação uniforme baseado nas emissões de CO₂ e tecnologicamente neutro, que poderia assim, maximizar as reduções de emissões e aumentar as vantagens de um mercado único.

Os veículos adquiridos por empresas têm um tratamento tributário diferente, sendo geralmente favorecidos por deduções fiscais. Tais veículos têm um significativo⁹⁰ impacto no tamanho e composição da frota de novos veículos em alguns países da UE, e são em geral maiores e mais poluentes que a média da frota (KÅGESON, 2005).

A Suécia, por exemplo, apresenta a média de emissões de CO₂ acima dos demais países membros da UE, como mostra a figura 5.6. De acordo com KÅGESON (2005), isso acontece devido a falta de incentivos e tributos introduzidos de maneira correta na compra e uso dos novos veículos. Por exemplo, o benefício fiscal dado às empresas favorece a compra de um veículo mais caro⁹¹, e nem sempre eficiente. Segundo KÅGESON (2005), o sistema tributário tem favorecido as empresas Volvo e Saab, marcas que tradicionalmente fabricam grandes automóveis. Neste país, mais de 70% dos novos veículos utilizados por empresas pertenciam a estes dois fabricantes. Tipicamente estes veículos são adquiridos por empresas por três anos e depois são revendidos (MANDEL, 2009).

⁹⁰ Na Suécia, por exemplo.

⁹¹ Em média 30.000 Euros (MANDEL, 2009).

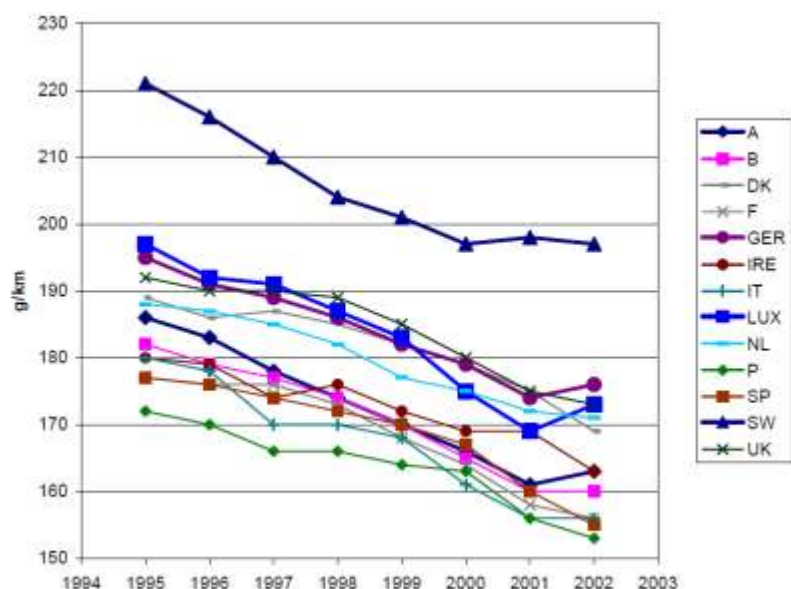


Figura 5-6: Emissões de CO₂ dos novos veículos registrados na União Europeia entre 1995 a 2002.

Fonte: KÅGESON (2005).

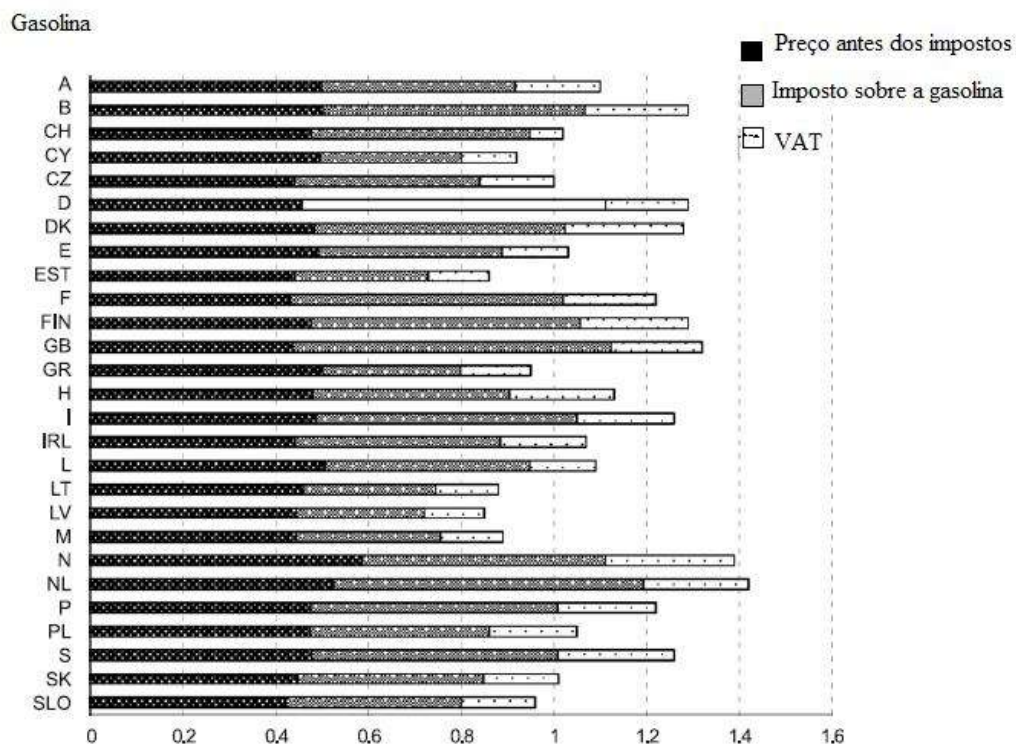
Notas: A- Austria; B- Bélgica; DK- Dinamarca; F- França; GER- Alemanha; IRE-Irlanda; IT- Itália; LUX- Luxemburgo; NL- Holanda; P- Portugal; SP- Espanha; SW- Suécia; UK- Reino Unido

Assim como o imposto sobre o primeiro registro do veículo, em vários países, o imposto anual sobre a circulação é utilizado como um instrumento econômico visando a compra de veículos mais eficientes. Em geral, este imposto é cobrado tendo como base de cálculo a quantidade de CO₂ emitida pelo veículo (diferenciando por tipo de combustível utilizado), ou consumo de combustível e e/ou capacidade do motor. Segundo RYAN et al (2009), o imposto de circulação é uma estratégia adequada de reduzir as emissões de CO₂, pois produz receita fiscal durante toda a vida do automóvel.

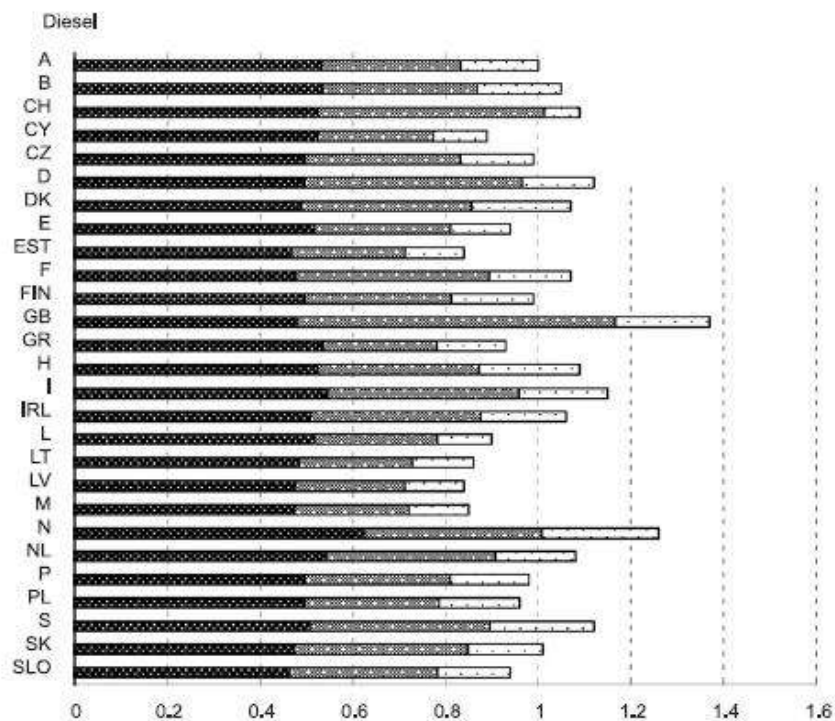
Em relação aos impostos cobrados sobre o combustível⁹², estes são os maiores encargos pagos sobre os veículos em vários países⁹³ (KUNERT e KUHFIELD, 2007), como mostra a figura 5.7

⁹² A partir do cálculo que um veículo de passageiro trafega 15.000 km por ano.

⁹³ Inclusive países que não pertencem a União Europeia como a Noruega e a Suíça.



(a)



(b)

Figura 5-7: Componentes do preço da gasolina (a) e do diesel (b) em vários países europeus.

Fonte: KUNERT e KUHFIELD (2007).

A menor tributação sobre os veículos de passageiros a diesel nos países europeus aumentou o seu apelo mercadológico em relação à gasolina. Entretanto, a diferença de tributação tem diminuído nos últimos anos, como mostra a figura 5.8.

Schipper e Funton (2008), ressaltam que podem ocorrer três tipos de *rebound effect*⁹⁴ em relação os veículos de passageiros a diesel na UE: motoristas de veículos a gasolina podem passar a comprar veículos a diesel e dirigir mais; motoristas que já usam carros a diesel podem dirigir maiores distâncias por causa do diesel ser mais barato; compradores de novos veículos podem ser incentivados a comprar veículos maiores a diesel. Estes efeitos anulam parcialmente a vantagem da “dieselização” da frota europeia em relação às emissões de CO₂ e a redução do consumo de combustível (SCHIPPER e FUNTON, 2008). Para estes autores a diferença de tributação deve ser removida.

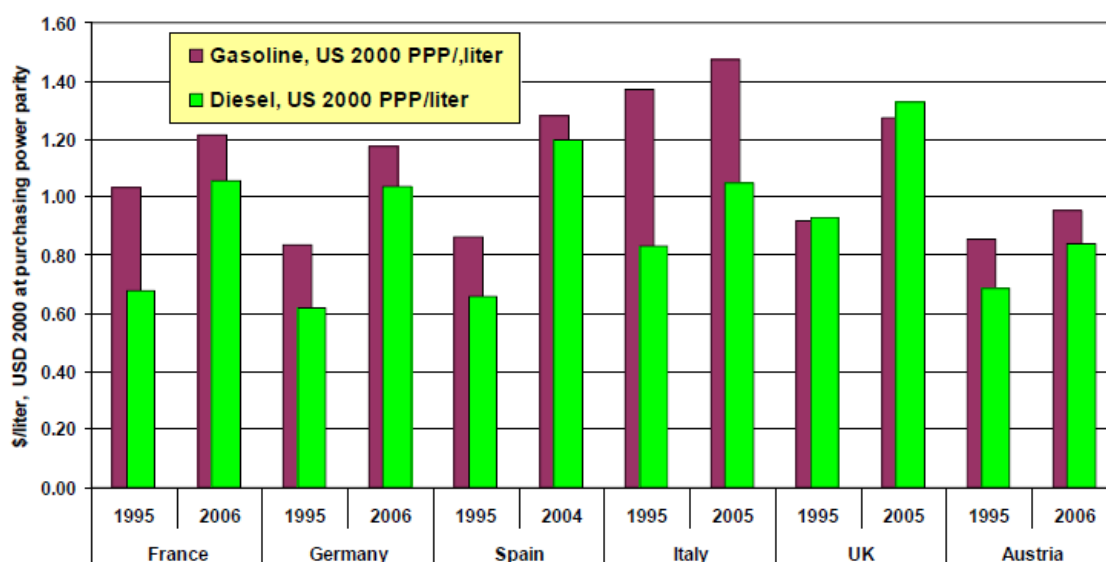


Figura 5-8: Preços do diesel e gasolina em alguns países da União Europeia em 1995 e 2005.

Fonte: SCHIPPER e FULTON, 2008.

Em 2005, a Comissão Europeia apresentou uma proposta de Diretiva para melhorar o funcionamento do mercado interno, removendo obstáculos fiscais que dificultam a

⁹⁴Também conhecido como *boomerang effect* ou efeito bumerangue. Este efeito ocorre quando o aumento da economia de combustível reduz o custo por quilômetro ou milha trafegada, e assim encoraja o aumento do número e distância das viagens dos veículos.

transferência de automóveis de passageiros entre os países membros. A proposta não pretende igualar ou introduzir novos impostos nos Estados-Membros. Os três principais objetivos da proposta são:

- Eliminar o imposto sobre o registro do veículo em um período de 5 a 10 anos.
- Reestruturar a base tributável do imposto de registro e do imposto de circulação anual de modo que esta seja relacionada diretamente às emissões de CO₂.
- Instituir um sistema de reembolso de parte do imposto de registro (até a sua eliminação), quando o veículo é exportado ou transferido permanentemente para outro país.

Tendo em vista a reestruturação tributária que ocorrerá na UE, a Holanda planeja até 2012 substituir todas as taxas e impostos por um sistema associado à utilização real dos veículos. Trata-se de um imposto único de circulação, pago em função dos quilômetros efetivamente percorridos pelo veículo. O controle será feito através de monitoramento do veículo por GPS que registrará a distância e o tempo de cada viagem. Motoristas que trafegarem em horários de pico ou em estradas congestionadas pagarão maior imposto, assim como automóveis menos eficientes. Como os outros impostos⁹⁵ e taxas serão abolidas, o custo total de propriedade do veículo deve diminuir em 25% (Dutch Daily News, 2010).

5.3.1.2 FEEBATES

O programa *bonus-malus* tem sido aplicado em vários países da Europa como uma das medidas de incentivo à compra de novos veículos mais eficientes, e apresenta o mesmo conceito do sistema conhecido como *feebates* (GREENE et al, 2005).

O elemento essencial de um sistema de *feebate* é um ponto de pivô, que divide os veículos que serão penalizados com taxas ou gratificados com descontos, em função da distância do ponto de pivô. Um único ponto de pivô pode ser usado para todos os veículos ou um ponto de pivô pode ser atribuído a cada classe de veículo, por

⁹⁵ Com exceção do VAT.

exemplo, um ponto de pivô para automóveis e outro para comerciais leves (GREENE et al, 2005).

O *rebate* consiste de um pagamento em dinheiro ou ressarcimento de impostos para o consumidor, enquanto o pagamento do *feebate* pode ocorrer através de um acréscimo de imposto ou uma taxa de registro cobrada separadamente de qualquer outro tipo de imposto (DE HAAN et al, 2009).

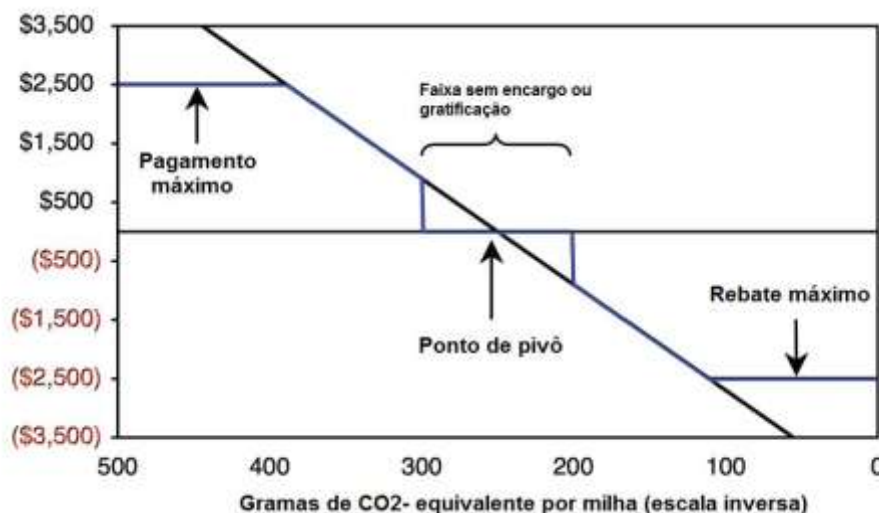


Figura 5-9: Exemplo de um sistema de feebates

Fonte: MCMANUS (2007).

BANDIVADEKAR et al (2008), GREENE et al (2005), HAAN et al (2009) e MCMANUS (2007) apontam as seguintes vantagens da introdução da política de *feebates* :

- A medida tem alta aceitação do mercado (HAAN et al, 2009).
- O sistema influencia tanto o consumidor quanto o fabricante, na medida em que o consumidor é sensível ao preço quando escolhe um modelo. Por sua vez, o fabricante é incentivado a aplicar tecnologias mais eficientes ou oferecer veículos com características específicas (como, por exemplo, menor peso, tamanho, potência, entre outros) visando diminuir o pagamento ou aumentar o desconto que incide sobre os veículos de sua frota (BANDIVADEKAR et al, 2008).
- O programa pode se auto-financiar, pois é formulado para ter uma receita neutra para o Estado na medida em que as cobranças equilibram os descontos (GREENE et al, 2005).

- O sistema abrange todos os veículos leves e foca na economia de combustível de uma maneira tecnologicamente neutra, ou seja, não discrimina veículos que utilizam diferentes tecnologias (GREENE et al, 2005, MCMANUS, 2007).
- O sistema pode se associar a outros programas, tais como um programa de etiquetagem veicular (HAAN et al, 2009).

HAAN et al (2009) aponta que o consumidor pode reagir de várias formas ao sistema de *feebates*. Os consumidores podem modificar sua compra na direção de carros com menor tamanho, menor cilindrada, de diferente combustível ou mudar seu padrão de compra na direção de veículos que apresentam um tipo diferente de *powertrain*, tais como os veículos híbridos.

O sistema de *feebate* também pode ser associado ao programa de etiquetagem veicular conforme a classificação do consumo energético. Por exemplo, o governo fornece incentivos para os veículos das classes de menor consumo energético, bem como penaliza os consumidores que escolhem os veículos menos eficientes. Além de estimular a compra de veículos mais eficientes, isso pode trazer mais visibilidade para a etiqueta veicular (HAAN et al, 2009).

LANGER (2005) aponta algumas desvantagens do sistema de *feebates* para as montadoras que têm seu foco na venda de veículos ineficientes. Para diminuir as disparidades dos impactos entre os fabricantes, alguns estudos têm proposto a introdução do sistema de *feebates* com múltiplos pontos de pivot, aplicados em vários segmentos de veículos (GREENER et al, 2005; LANGER, 2005). Porém LANGER (2005) considera que o sistema com múltiplos pontos de pivô não é adequado, pois promove a compra de veículos menos eficientes e não penaliza as montadoras que fabricam modelos de alto consumo. Por exemplo, o sistema de rebate com dois pontos de pivô baseados na classificação por tipo de veículo (automóvel e comercial leve), o comprador do carro Ford Taurus arcaria com os custos de uma taxa de US\$ 342, enquanto o comprador do SUV Grand Cherokee não teria nenhuma cobrança⁹⁶. Neste caso, vários pontos de pivô, baseados no tipo

⁹⁶ O Ford Taurus apresenta economia de combustível de 18 mpg e 28 mpg no ciclo de condução cidade e estrada, respectivamente, enquanto o Jeep Grand Cherokee (6,1 litros de capacidade do motor) apresenta 11 mpg e 14 mpg de economia de combustível na cidade e estrada, respectivamente (informação disponível nos sites das montadoras: <http://www.fordvehicles.com/cars/taurus> e http://www.jeep.com/en/2010/grand_cherokee/capability/mpg/).

do veículo, ou mesmo tamanho, peso e outros atributos, poderiam trazer consequências negativas para a eficiência média da frota (LANGER, 2005).

Em vários países europeus o sistema de *feebates* é baseado nas emissões de CO². Na França, por exemplo, o sistema *bônus-malus* premia a compra de automóveis que emitem valores até 125 g CO₂/km. A gratificação máxima de € 5000 é dada para os carros com emissões menores que 60g/km. A partir de 155 gCO₂/km, os automóveis são penalizados, e o pagamento desta taxa pode chegar a € 2600 para carros com emissões maiores ou iguais a 245 gCO₂/km (ACEA, 2010).

Segundo CUENOT (2009), as vendas de veículos sujeitos a este incentivo na França tiveram um forte aumento. No primeiro ano de aplicação deste sistema, as emissões de CO₂ dos novos veículos reduziram em média 9g CO₂/km, fato atribuído principalmente a compra de veículos de menor tamanho. O sucesso dessa medida superou as expectativas do governo francês, que nos últimos anos arca com um custo de 300 milhões de Euros por ano, além de outros 300 milhões de Euros em decorrência da perda de arrecadação do VAT, devido à compra de veículos menores e mais baratos (CUENOT, 2009).

É importante ressaltar que o sistema de *feebates* requer uma previsão cuidadosa de como as taxas ou descontos são calculados. Segundo GREENE et al (2005) os pontos de pivô afetam o grupo de compradores que irão pagar ou receber descontos ou se as receitas do governo irão aumentar, e vice-versa.

Segundo LANGER (2005), os *feebates* apresentam vantagens sobre padrões de eficiência energética porque fornecem um incentivo permanente para aumentar a economia de combustível enquanto novas tecnologias são desenvolvidas. Depois que as metas dos padrões são cumpridas, não há incentivo para os fabricantes aumentarem a eficiência energética, sendo necessário uma nova intervenção do governo de reajuste do padrão.

5.3.1.3 ESQUEMA DE SUCATEAMENTO

Outra política pública aplicada na União Européia visando à remoção de veículos ineficientes é o esquema de sucateamento de veículos. Neste sistema, conhecido como *scrappage scheme*, o governo concede um incentivo econômico ao consumidor que adquire um veículo novo e descarta seu veículo antigo. Nos últimos

anos, este programa foi instituído por vários países⁹⁷ para estimular a indústria automobilística durante o período mais crítico da crise financeira global.

Tais programas geralmente têm tempo e subsídio monetário definido, para que não haja efeitos indesejados no mercado, como por exemplo, o impacto no preço de veículos usados. Dependendo da formulação e do alcance do programa, o preço dos veículos dentro da faixa de idade de sucateamento, poderá subir, afetando os consumidores das classes mais baixas de renda (BANDIVADEKAR et al, 2008).

Segundo ABRAMS e PARSONS (2009), o programa apresenta benefícios sociais, pois contribui para a diminuição do consumo de combustível e emissões de gases de efeito estufa, já que os automóveis que serão descartados apresentam maior consumo e possuem tecnologias defasadas em relação ao controle de emissões. Por outro lado, há transferência de renda para um grupo limitado de pessoas e empresas⁹⁸ que ganham um benefício através de tributos arrecadados por todos os contribuintes.

Em 2009, o governo alemão forneceu um incentivo de 2500 euros para o descarte do carro usado e a compra de um veículo novo. O veículo tinha que ter no mínimo nove anos de uso e pelo menos um ano de utilização pelo dono mais recente. Foram alocados 1.5 bilhões de euros para este esquema, no intuito de subsidiar 600.000 mil automóveis. Várias montadoras européias, tais como Fiat e VW, relataram aumento de vendas de carros populares neste país devido a este incentivo. Por outro lado, as montadoras BMW e Mercedes consideram o programa injusto com alguns fabricantes, já que o esquema estimula a venda de automóveis que estas não produzem (THE ECONOMIST, 2010c).

Tabela 5.2: Esquema de Sucateamento em alguns países europeus

Países	Incentivo máximo (dólares)	Requerimento do ano	Requerimento de emissões ou economia de combustível	Custo para o governo (dólares)
Alemanha	3.552	Mais de 9 anos	Não	7,10 bilhões
Reino Unido	3.336	Mais de 10 anos	Não	500 milhões
França	1.421	Mais de 10 anos	Sim	554 milhões
Itália	7.104	Mais de 10 anos	Sim	-

Fonte: THE ECONOMIST (2009a)

⁹⁷ Itália, Alemanha, Estados Unidos, Japão, entre outros (THE ECONOMIST, 2009b).

⁹⁸ Tais como ferros-velhos e fabricantes de automóveis

5.3.1.4 INCENTIVOS AOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS

Muitos países europeus concedem incentivos financeiros para a compra de veículos elétricos e híbridos. Na Holanda, por exemplo, os consumidores recebem um bônus de até € 6400 na compra de veículos híbridos. Na Irlanda, os veículos híbridos se beneficiam de uma isenção fiscal de até € 2500. A tabela 5.3 apresenta os incentivos fiscais introduzidos no mercado da UE destinados aos veículos elétricos e híbridos.

Tabela 5.3: Incentivos fiscais aos veículos híbridos e elétricos

País	Incentivos Fiscais
Alemanha	-Veículos elétricos são isentos do imposto de circulação anual por um período de 5 anos a partir do primeiro registro
Áustria	- Veículos elétricos são isentos do imposto de registro do veículo.
Bélgica	- Veículos elétricos recebem uma redução no imposto de renda igual a 30% do preço de compra do veículo (até € 9000).
Chipre	- Carros elétricos recebem incentivo de € 700 (máximo de sete carros por empresa ou pessoa física.)
Espanha	-Governos das regiões de Astúrias, Baleares, Aragon, Madri, Navarra, Valência, Castilla La Mancha, Murcia, Castilla e Leão oferecem incentivos de € 2000 para veículos híbridos e € 6000 para veículos elétricos.
Dinamarca	- Veículos elétricos pesando menos que 2000 kg são isentos da taxa de registro. Esse incentivo não se aplica aos veículos híbridos.
França	- Veículos híbridos que emitem 135g CO ₂ /km ou menos recebem um incentivo de € 2000.
Grécia	Veículos híbridos e elétricos são isentos do imposto de registro. Se a capacidade do motor for igual ou menor que 1929 cc, estes veículos também são isentos do imposto de circulação. Acima de 1929 cc, a isenção é limitada a 50%.
Holanda	-Veículos híbridos com classificação A no sistema de etiquetagem recebem um bônus máximo de até € 6400 no imposto de registro até 01 de julho de 2010. Para veículos híbridos com a classificação B, o máximo de isenção é de € 3200 (até 1º julho de 2010).
Irlanda	- Veículos híbridos e elétricos se beneficiam de uma isenção fiscal do imposto de registro de no máximo € 2500.
Portugal	- Os veículos elétricos são isentos do imposto de registro, e veículos híbridos se beneficiam de redução de 50% deste imposto.
Romênia	Veículos elétricos e híbridos são isentos do imposto de registro.
Suécia	- Isenção de cinco anos do imposto de circulação anual a partir da data do primeiro registro para veículos elétricos com um consumo máximo de 37 kWh/100 km.
Reino Unido	- Veículos elétricos são isentos do imposto de circulação anual. - A partir de 2011, os veículos elétricos e plug-in receberão na compra um desconto de 25% do preço do veículo até o máximo de £ 5000. O governo destinou £ 230 milhões para esse programa de incentivo.

Fonte: ACEA (2010)

5.3.2 ESTADOS UNIDOS

5.3.2.1 GAS GUZZLER TAX

O imposto conhecido como “gas guzzler tax” visa estimular a compra e fabricação de carros menos consumidores de combustível, e para isso impõe o pagamento deste imposto para veículos que apresentem economia de combustível menor que 22,5 mpg, como mostra a tabela 5.4. O imposto é cobrado diretamente do fabricante ou importador do veículo que não atinge o mínimo de economia de combustível (22,5 mpg). A tabela a seguir mostra o imposto que varia conforme a economia combinada de combustível ultrapassada.

Tabela 5-2: Valores do imposto conforme a economia de combustível

Economia de combustível combinada (mpg)	Imposto (dólares)
>22.5	-
21.5-22.5	1000
20.5-21.5	1300
19.5-20.5	1700
18.5-19.5	2100
17.5-18.5	2600
16.5-17.5	3000
15.5-16.5	3700
14.5-15.5	4500
13.5-14.5	5400
12.5-13.5	6400
< 12.5	7700

Fonte: EPA (2010)

Este tipo de instrumento de mercado estimula a venda de veículos mais eficientes quando aplicado de forma correta (NCR, 2002). Vários estudos (GREENE et al, 2005; MACKENZIE et al, 2005; NRC, 2002) criticam a forma que esta medida foi aplicada no mercado norte-americano, devido à isenção deste imposto para os veículos com peso

maior que 8500 libras. Desta forma, os grandes SUV e picapes de luxo são isentos deste imposto.

5.3.2.2 ESQUEMA DE SUCATEAMENTO

O esquema de sucateamento CARS (*Consumer Assistance to Recycle and Save*) é uma medida que foi introduzida recentemente nos Estados Unidos visando incentivar a compra de veículos mais eficientes. O esquema foi responsável por quase 677.842 dos novos veículos adquiridos entre os meses de agosto a novembro de 2008 (GAO, 2010). A NHTSA constatou que a economia de combustível média dos veículos novos adquiridos ou financiados foi de 24,9 milhas por galão, substituindo veículos com uma economia de combustível média de 15,7 milhas por galão (GAO, 2010).

5.3.2.3 INCENTIVOS AOS VEÍCULOS HÍBRIDOS

Desde janeiro de 2006, o governo norte americano concede um crédito de até 3400 dólares no imposto de renda do consumidor que adquire um dos veículos leves híbridos da lista de HEV qualificados⁹⁹ para participar deste programa. O valor do crédito diminui progressivamente a cada quadrimestre após a venda dos primeiros 60 mil veículos híbridos vendidos. É aplicado o mesmo sistema de crédito aos veículos híbridos plug-in e elétricos que recebem incentivos de até 7500 dólares.

Outro incentivo são os empréstimos a fabricantes de tecnologias automotivas avançadas. Neste caso, os fabricantes podem receber empréstimos diretos de até 30% do custo para equipar, expandir e construir instalações usadas para produzir tais veículos que dispõem de tecnologias avançadas, que atendem aos requerimentos específicos de economia de combustível e padrões de emissões.

Na esfera estadual, vários estados estabeleceram incentivos para veículos híbridos, tais como, o benefício de trafegar em estradas especiais de alta ocupação (HOV-*High Occupancy Vehicle*), isenção de parte do imposto de vendas, créditos na compra de veículos híbridos, entre outros.

⁹⁹ Em 2010, 22 modelos receberam este incentivo fiscal.

5.3.2.4 COMPRAS GOVERNAMENTAIS

As compras governamentais de veículos híbridos acontecem nas três esferas do governo, principalmente nos níveis estadual e municipal. Recentemente, o governo federal norte-americano anunciou que substituirá 5.603 carros antigos da frota federal por veículos híbridos e híbridos plug-in, duplicando a frota de veículos híbridos em órgãos federais. No nível estadual e municipal, há vários exemplos de frotas oficiais utilizando veículos híbridos (GSA, 2010).

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo analisou as características dos programas de informação e dos instrumentos de mercado aplicados na União Européia e Estados Unidos. Ambos os instrumentos têm como principal propósito influenciar a mudança no comportamento do consumidor.

Na União Européia observou-se a que os impostos e taxas que incidem sobre a propriedade e uso dos veículos de passageiros são uma fonte significativa de receita tributária, bem como um fator relevante na decisão de compra de um novo veículo pelo consumidor. O capítulo também mostrou outros instrumentos que podem contribuir para a difusão dos veículos híbridos e elétricos, tais como os incentivos fiscais, *feebates* e compras governamentais.

O próximo capítulo apresenta uma visão geral da indústria automobilística brasileira, bem como as medidas governamentais que induziram inovações incrementais na frota de veículos leves.

CAPÍTULO 6: POLÍTICAS PÚBLICAS QUE ESTIMULARAM A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

Este capítulo pretende mostrar a resposta da indústria automobilística aos programas governamentais que estimularam a inovação tecnológica no Brasil nos últimos 35 anos. A princípio, o capítulo apresenta a trajetória da indústria automobilística desde a sua instalação no País até os dias atuais, avaliando principalmente os aspectos relacionados à evolução das competências tecnológicas das montadoras. Em seguida, são analisadas as políticas que disseminaram três inovações incrementais no setor automotivo: o carro a álcool, o desenvolvimento tecnológico do carro 1.0 e o motor flexfuel.

6.1 EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

As primeiras montadoras que iniciaram suas atividades no país foram a Ford (1919) e a GM (1925). Nessa época, os veículos eram importados como kits completos e desmontandos, na forma de peças e componentes (CKD - *Completely Knocked Down*). Anos depois, com o surgimento de fornecedores de peças locais, os veículos começaram a ser importados em subconjuntos prontos (SKD - *Semi Knocked Down*) com algumas peças do veículo produzidas localmente e instaladas no país (CONSONI, 2004).

A partir dos anos 50, com a criação do Grupo Executivo da Indústria automobilística (GEIA) em 1956 e a implantação de alguns programas governamentais, tais como a política de substituição de importações, observa-se efetivamente a instalação da indústria automobilística no país e o crescimento dos investimentos das montadoras. Segundo IPT (2008), a política industrial desta época exigiu um alto índice de nacionalização (90 a 95%), que assim promoveu maior presença local e nacionalização de peças e componentes.

Apesar destes investimentos, as subsidiárias das montadoras se mantiveram totalmente dependentes das suas matrizes no que concerne ao desenvolvimento de projetos a serem produzidos no Brasil. O crescimento da indústria automobilística brasileira ocorreu de uma forma em que o mercado encontrava-se fechado às importações de veículos e desta forma, protegido da competitividade internacional. Nesse ambiente, as montadoras

produziam veículos que já haviam sido projetados e introduzidos nos países desenvolvidos com uma defasagem de vários anos (QUADROS e CONSONI, 2009).

Somente na década de 70 e 80, as subsidiárias passaram a incorporar de forma mais sistemática as preferências do mercado brasileiro na definição de seus projetos. As atividades conduzidas no desenvolvimento de produto abrangiam principalmente as atividades de adaptação dos veículos às condições locais¹⁰⁰, e modificações na sua aparência externa, tais como o redesenho da carroceria (CONSONI, 2004). Essas iniciativas de atuação da engenharia local contribuíram para o desenvolvimento de certas competências em desenvolvimento de produto das subsidiárias presentes no país. As décadas de 70 e 80 caracterizaram um período que pode ser considerado como de aprendizado adaptativo e incremental (CONSONI, 2004).

Entretanto, a baixa competitividade no mercado interno favorecia o longo ciclo de vida¹⁰¹ dos veículos que, em média, eram produzidos por 10 a 15 anos até serem retirados de linha. Para que tais veículos continuassem atrativos ao consumidor, as montadoras promoviam periodicamente o redesenho¹⁰² parcial ou superficial do veículo ou de partes dele, com a finalidade de mantê-lo por mais tempo no mercado, sem grandes alterações no projeto básico (CONSONI, 2004).

Na década de 90, algumas políticas setoriais foram implementadas visando promover o crescimento da indústria automobilística, depois de anos de recessão, alta inflação e um mercado automotivo estagnado na década de 80. A instituição das Câmaras Setoriais do Setor Automotivo e do Regime Automotivo foram duas iniciativas governamentais que resultaram na expansão do setor automotivo e da capacidade instalada. As Câmaras Setoriais resultaram em acordos que incluíram a renúncia fiscal de ICMS e IPI, e também estímulo ao crédito, com a contrapartida de redução de preços e manutenção do nível de emprego¹⁰³ (QUADROS e CONSONI, 2009). Em 1995, foi aprovado o Regime Automotivo que consolidou a política industrial do setor, estipulando tarifas e regras diferenciadas de importação para as montadoras que fabricavam veículos no Brasil (IPT, 2008). Poucos anos depois, novas montadoras de veículos leves se instalaram no país, como as francesas (Renault e PSA), as japonesas (Honda, Toyota, Mitsubishi), a alemã Mercedes Benz (que somente produzia caminhões até aquela época),

¹⁰⁰ Atividade também conhecida como tropicalização.

¹⁰¹ O automóvel Opala da GM, por exemplo, foi produzido no país por 23 anos.

¹⁰² Processo conhecido como *Face-lift*

¹⁰³ Criação de alíquotas especiais para veículos de 1000 cilindradas, conforme descreve a seção 6.4.2

contribuindo assim para a diminuição do *gap* tecnológico entre o portfólio local e global (QUADROS e CONSONI, 2009).

O processo de abertura econômica e financeira na década de 90 expôs as principais montadoras de automóveis instaladas no Brasil (Ford, GM, Volkswagen e Fiat) à competição internacional, revelando a grande necessidade de melhoria nos padrões locais de qualidade e produtividade na montagem dos veículos. O rápido crescimento na importação de automóveis intensificou a competição doméstica e mostrou a necessidade de redução da defasagem tecnológica dos veículos brasileiros.

Assim como em suas matrizes, as montadoras instaladas no Brasil incorporaram novas técnicas de gerenciamento que acarretaram um grande aumento na produtividade nas fábricas, tais como novos processos de gestão e controle da produção baseados nos princípios da produção enxuta (*lean production*), gerenciamento da qualidade total e outras ferramentas gerenciais do modelo de produção japonês. Além disso, novas relações de fornecimento e arranjos organizacionais foram implantados, tais como o condomínio industrial¹⁰⁴ e o consórcio modular¹⁰⁵ (DIAS E SALERNO, 2001).

6.2 EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE TECNOLÓGICA DAS SUBSIDIÁRIAS BRASILEIRAS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Até o final da década de 90, as atividades tecnológicas das subsidiárias brasileiras, relacionadas ao desenvolvimento de produtos¹⁰⁶, foram concentradas na nacionalização e adaptações de plataformas às condições locais e, em menor extensão, no desenvolvimento de modelos locais (veículos derivativos parciais) de plataformas globais ajustadas aos requerimentos da demanda brasileira. Entretanto, a literatura mais recente sobre atividades tecnológicas de subsidiárias de montadoras multinacionais no

¹⁰⁴O conceito de condomínio industrial consiste na localização de alguns fornecedores muito próximos à montagem final (muitas vezes dentro da área da montadora), visando aperfeiçoar a sincronização da produção (aplicação do sistema *just in time*). Atualmente, as modernas fábricas de automóveis são construídas em condomínios industriais onde fornecedores fazem a entrega mais rápida de peças, na frequência da produção da montadora (DIAS e SALERNO, 2001).

¹⁰⁵Consórcio modular pode ser considerado um caso extremo de Condomínio Industrial, em que os fornecedores se localizam dentro da área da montadora, sendo responsáveis pela própria montagem do veículo (DIAS e SALERNO, 2001).

¹⁰⁶Conforme CLARK E FUJIMOTO (1991), as principais atividades de desenvolvimento de produto na indústria automobilística são compostas por quatro etapas: conceito do produto, planejamento do produto, engenharia do produto e engenharia do processo.

Brasil (CONSONI, 2004; QUADROS e CONSONI, 2009; QUINTÃO, 2008), tem apontado um gradual aumento das atividades inovativas dessas empresas, em termos de processo e produto.

Entretanto, as estratégias tecnológicas das montadoras instaladas no Brasil não priorizam inovações tecnológicas radicais ou de longa maturação. Estas atividades estão concentradas nos países de origem das montadoras. A maior parte do orçamento destinado a P&D atende às demandas de mercado no curto prazo. Desta forma, a tendência das montadoras é focar mais na atividade de desenvolvimento de produtos e processos, ainda com diferentes graus de complexidade, do que na pesquisa tecnológica de ponta (CONSONI, 2004; QUINTÃO, 2008).

A explicação do perfil de investimento conservador em P&D é consequência do perfil da demanda do mercado brasileiro, e, sobretudo, da tendência à centralização das atividades de conteúdo tecnológico mais avançado nos países de origem das montadoras (CONSONI, 2004).

Várias pesquisas demonstram que as montadoras de automóveis possuem diferentes graus de conhecimento acumulado no Brasil. QUADROS E CONSONI (2009) classificaram tais montadoras em dois grupos: as veteranas, que correspondem às quatro montadoras (Ford, GM, Volkswagen e Fiat) que se instalaram no início do desenvolvimento da indústria automobilística no Brasil, e as entrantes (ou *newcomers*), que se referem àquelas que começaram suas atividades a partir dos anos 90. Estes autores identificaram que as veteranas apresentam investimentos em P&D menos centralizados no exterior e maior independência em relação às suas matrizes, bem como maior autonomia para desenvolver inovações incrementais em processos de produção e no desenvolvimento de novos produtos no Brasil do que as montadoras entrantes.

Segundo CONSONI (2004), as montadoras japonesas e francesas têm lançado produtos que foram concebidos e projetados na matriz dessas empresas. Um dos objetivos alcançados por estas montadoras foi a consolidação das unidades produtivas no Brasil e promoção da integração da cadeia de fornecedores locais, objetivando alcançar maior nacionalização das peças automotivas. Em termos das suas estratégias de desenvolvimento de produtos, tais montadoras tendem a realizar no Brasil geralmente atividades ligadas ao processo de tropicalização dos veículos às condições locais, com menor ênfase no desenvolvimento de derivativos (CONSONI, 2004).

Em decorrência da análise do comportamento tecnológico nos últimos anos da indústria automobilística no Brasil, CONSONI (2004) identificou cinco estágios de competências em desenvolvimento de produtos acumuladas localmente pelas montadoras.

O primeiro estágio no desenvolvimento de competências tecnológicas caracteriza-se por reduzir a dependência em relação aos fornecedores externos, de forma a diminuir os custos de importação de peças e a dependência em relação ao sistema de logística.

O segundo estágio ou tropicalização compreende as modificações realizadas nos veículos para adequá-lo ao mercado local, envolvendo uma diversidade de conhecimentos necessários sobre o produto, componentes e sistemas do veículo, bem como preferências dos consumidores locais. Esta etapa é geralmente conduzida pela engenharia brasileira, que considera aspectos referentes ao clima, condições das estradas, combustível, matérias primas, etc. Há várias adaptações no projeto do veículo e dos materiais devido à qualidade do combustível brasileiro e sua composição, diferenças de clima e temperatura, reforços especiais no sistema de suspensão, adaptação à legislação de emissões de poluentes, redução do custo do projeto devido aos critérios menos rigorosos relacionados aos itens de segurança, entre outros (QUADROS e CONSONI, 2009).

No terceiro e quarto estágio foram identificadas as competências no desenvolvimento de derivativos parciais e completos. Veículos derivativos¹⁰⁷ são construídos a partir de uma plataforma padrão, que dá origem a vários modelos com configurações distintas de carroceria. No derivativo parcial, as mudanças ocorrem principalmente no acabamento e carroceria, e a atuação da engenharia local se concentra principalmente nos estágios finais de desenvolvimento de produto. No caso dos derivativos completos, as alterações incluem as dimensões básicas da plataforma e alterações na arquitetura do veículo, envolvendo todas as atividades do ciclo de desenvolvimento de produto (CONSONI, 2004; QUADROS e CONSONI, 2009).

A competência de criação de uma nova plataforma é o estágio mais avançado de competência tecnológica na área de desenvolvimento de produtos. A partir da plataforma básica, uma série de veículos pode ser desenvolvida com inúmeras

¹⁰⁷ O conceito de derivativos abrange a geração de versões diferenciadas de veículos, desenvolvidos a partir do emprego de uma base comum, chamada tecnicamente de plataforma. As formas mais comuns de derivativos incluem as versões sedan, perua e picape.

configurações de carroceria, tais como as versões *hatch*, *sedan*, *station wagon* e *picape* (CONSONI, 2004).

Segundo QUINTÃO (2008), devido ao processo de globalização e a conseqüente competição global, as multinacionais evoluíram em suas estratégias competitivas, implementando redes globais de produção. Esses fatores iniciam um movimento de busca das matrizes, por aumentos de ganhos de escala e maior eficiência produtiva, através da adoção de estratégias de racionalização e integração de suas operações globais, intensificando a identificação de países que ofereçam mais recursos e vantagens.

Segundo QUINTÃO (2008), devido ao processo de globalização e a conseqüente competição global, as montadoras passaram a implementar mudanças na forma de organização de suas atividades de P&D, com a descentralização e construção de redes de P&D integradas globalmente. Cada unidade desta rede é especializada em um produto, componente ou área tecnológica, representando um centro de competência responsável pelo processo completo de geração de valor (QUINTÃO, 2008).

A filial brasileira da Fiat, por exemplo, é considerada atualmente pela matriz um centro de excelência para motores tetra-fuel, suspensão e veículos de baixo custo. Já a subsidiária brasileira da GM, faz parte de uma rede de desenvolvimento global que compõe a matriz nos Estados Unidos e subsidiárias na Alemanha, Coréia do Sul e Austrália. Esta montadora no Brasil se especializou pela concepção de picapes médias (QUINTÃO, 2008).

O setor de autopeças, principalmente as empresas situadas no primeiro nível (1º tier), tais como os sistemistas, tem um importante papel no desenvolvimento tecnológico no setor automotivo, seja a partir de desenvolvimentos realizados endogenamente, seja em co-desenvolvimento com as montadoras. A injeção eletrônica, freios antiderrapantes (ABS), *air bags* e o sistema de navegação/localizador GPS são alguns exemplos de tecnologias providas por estes fornecedores.

Estudos recentes (QUADROS e CONSONI, 2009; QUINTÃO, 2008) mostram que a intensificação de atividades de P&D das multinacionais no Brasil gera demanda por atividades tecnológicas nos fornecedores locais (tanto multinacionais quanto empresas de capital nacional), e desta forma contribui para a aquisição de capacidades tecnológicas.

6.3 DESEMPENHO ATUAL DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

A indústria automobilística atualmente abrange montadoras de veículos leves, ônibus, caminhões e máquinas agrícolas (tratores e colheitadeiras), praticamente todas multinacionais, que representam 23% do Produto Interno Bruto industrial e 5,5% do PIB total brasileiro¹⁰⁸ (ANFAVEA, 2010). Das vinte cinco montadoras presentes no país, quatorze¹⁰⁹ fabricam veículos leves. A maior fatia do mercado (cerca de 75%), pertence às quatro montadoras instaladas há mais tempo no Brasil, como se observa na tabela 6.1. Em seguida, observam-se as *newcomers* Peugeot-Citroen, Honda, Renault e Toyota.

Tabela 6-1: Porcentagem de Mercado (quantidade de veículos novos vendidos)

Fabricante	2007	2008	2009
Porcentagem de mercado (%)			
Fiat	26.0	24.6	24.6
Ford	10.6	9.7	10.4
GM	21.3	20.5	20.1
Honda	3.7	4.4	4.2
PSA	5.5	5.7	5.0
Renault	3.1	4.3	3.9
Toyota	3.1	3.0	3.1
Volkswagen	23.1	22.0	22.8
Outras*	3.8	5.7	5.9

*Mitsubishi, Nissan, Mercedes Benz, Hyundai, Iveco e Agrale.

Source: ANFAVEA (2009; 2010c)

Nos últimos anos, com a estabilização macroeconômica, o aumento da renda disponível e a crescente oferta de crédito desde 2004, o setor automotivo brasileiro vivencia um movimento de expansão da produção e vendas para o mercado doméstico. Enquanto alguns países da Europa, os Estados Unidos e o Japão apresentam queda nas vendas

¹⁰⁸ Incluindo a indústria de autopeças.

¹⁰⁹ Fiat, VW, GM, Ford, PSA, Renault, Honda, Toyota, Nissan, Mitsubishi, Agrale, Iveco, Hyundai e Mercedes Benz.

internas de veículos desde 2005, o Brasil apresentou um significativo crescimento de vendas, cerca de 16% ao ano entre 2003 a 2009 (ANFAVEA, 2010; EPE, 2009). Segundo IEA (2006), a quantidade de veículos em circulação no Brasil poderá triplicar entre 2005 a 2030, conforme mostra a figura 6.1.

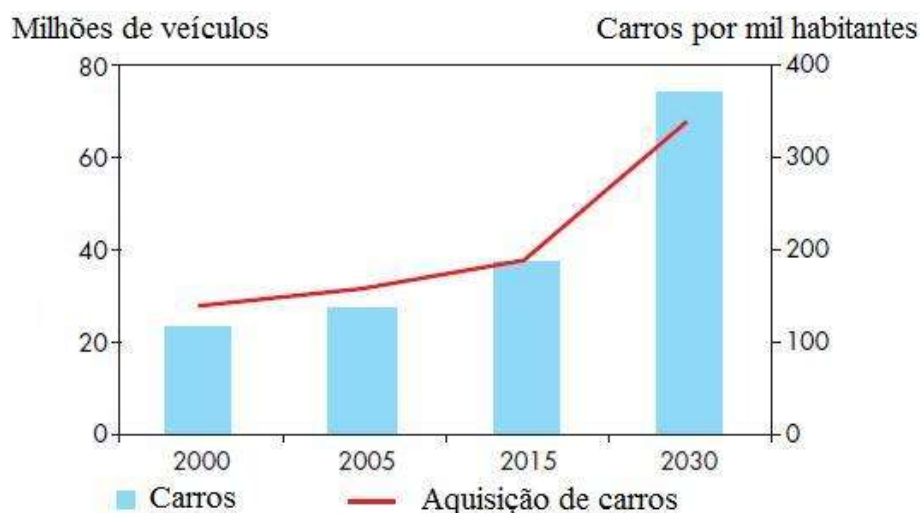


Figura 6-1: Projeção da frota nacional de carros de passeio (2000 a 2030)

Fonte: IEA (2006)

Entre 2005 a 2008, o país subiu três posições no ranking mundial de produtores de veículos, de 9º lugar para o 6º. No licenciamento de veículos, o desempenho também foi expressivo, com a transição do 8º para o 5º lugar (ANFAVEA, 2009). Somente houve retração em relação às exportações a partir de 2005, em decorrência da valorização da moeda brasileira e a crescente expansão das exportações dos fabricantes asiáticos (ANFAVEA, 2010). A figura 6.2, mostra o desempenho da indústria automobilística (considerando somente os veículos leves) até 2009 (ANFAVEA, 2010).

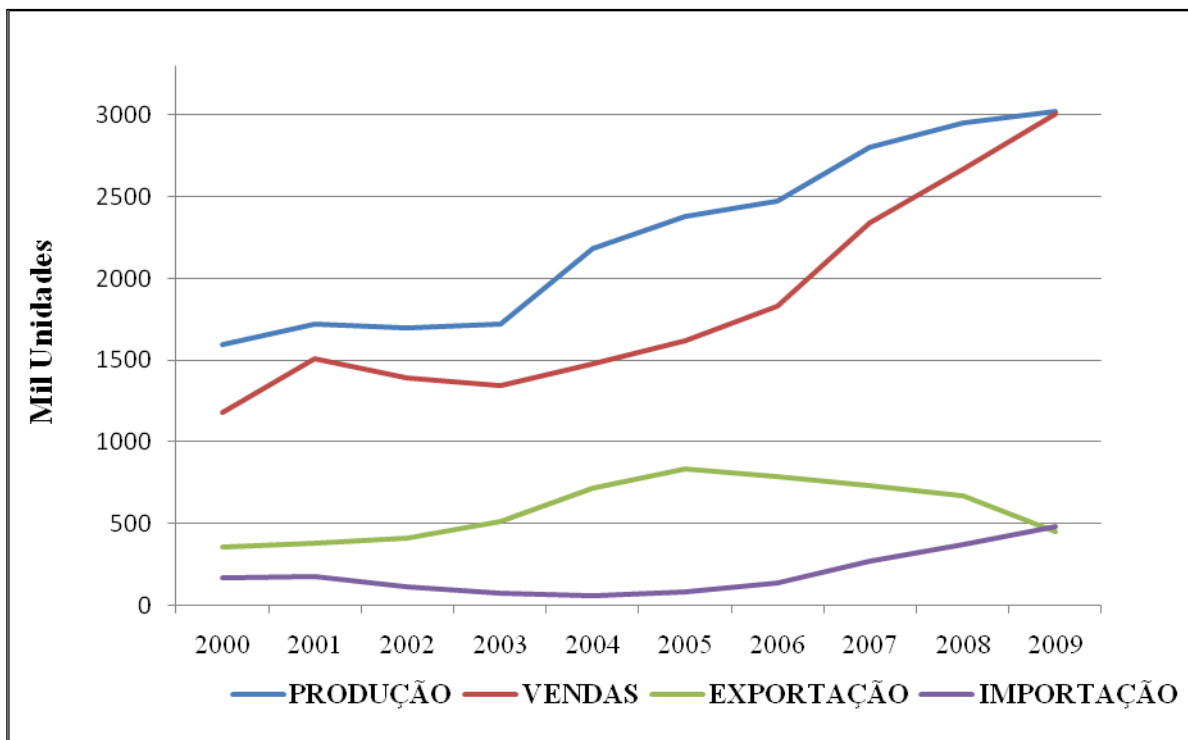


Figura 6-2: Desempenho da indústria automobilística brasileira (2000 a 2009)

Fonte: ANFAVEA (2010)

A relação habitante-veículo¹¹⁰ no Brasil é alta quando comparada aos Estados Unidos, Japão, Alemanha, França e Reino Unido, conforme a tabela 6.2. Em outros países em desenvolvimento essa relação também é maior que a brasileira, como é o caso do México (4,0) e da Argentina (4,7). A história recente do país mostra que, mesmo com as recentes crises econômicas, a relação de habitantes por veículo no Brasil caiu de 9,0 em 1998 para 6,9 em 2008 (ANFAVEA, 2009). Desta forma, pode-se presumir que esta relação diminuirá nos próximos anos, mesmo que sejam implementadas políticas que estimulem o transporte público e a restrição ao uso do automóvel (MACHADO *et al*, 2006).

¹¹⁰ Razão entre o número de habitantes e de veículos leves no país.

Tabela 6-2: Habitantes por autoveículo

País	Habitantes por autoveículo	
	1998	2008
Estados Unidos	1,3	1,2
Japão	1,8	1,7
Alemanha	1,8	1,7
França	1,8	1,7
Reino Unido	1,9	1,7
México	7,0	4,0
Argentina	5,5	4,7
Brasil	9,0	6,9

Notas: Dados de 1998 foram obtidos do anuário da ANFAVEA 2009 e os dados de 2008 são do anuário da ANFAVEA 2010.

Fonte: ANFAVEA (2009 e 2010).

Em 2009, mesmo com a queda do produto interno bruto, foram comercializados cerca de 3 milhões de veículos leves, principalmente automóveis (82%), dos quais 95,4% foram flexfuel¹¹¹ (ANFAVEA, 2010). O volume de veículos leves importados tem crescido significativamente nos últimos anos, mesmo tendo um imposto de importação¹¹² de 35%. A ABEIVA (Associação Brasileira das Empresas Importadoras de Veículos Automotores) prevê um crescimento de vendas em 2010 de quase 80% em relação a 2009 (ABEIVA, 2010). Em 2009, as vendas de veículos leves importados representaram 15,6 % do total das vendas internas, cerca de 485 mil veículos (ANFAVEA, 2010).

A crise financeira mundial praticamente não impactou o desempenho das montadoras nas vendas no mercado interno em 2009, principalmente se for considerado o que aconteceu em outros países¹¹³. Apesar do modesto crescimento da produção¹¹⁴ (0,7%),

¹¹¹ A porcentagem de veículos flexfuel na frota de novos veículos leves (automóveis e comerciais leves) é de 88,2%.

¹¹² Veículos oriundos do México e Mercosul não pagam imposto de importação e, predominantemente são trazidos pelas montadoras que já possuem fábrica no Brasil. Veículos importados das filiadas à ABEIVA são taxados em 35% de imposto de importação.

¹¹³ A crise econômica mundial em 2008/2009 acarretou queda de faturamento nas montadoras européias e asiáticas, e agravou ainda mais a situação das montadoras norte-americanas, GM, Ford e Chrysler, que já vinham apresentando perda de competitividade em relação às montadoras estrangeiras, e também perdas financeiras com as vendas de SUVs e picapes. O crescente aumento do preço dos combustíveis, entre 2004 a 2008, desestimulou a compra destes veículos, que correspondem a grande parte da produção destas montadoras (NRDC, 2005).

as vendas de veículos leves no mercado interno cresceram 12,7% em relação a 2008 (ANFAVEA, 2010). Graças à sustentabilidade da economia brasileira e de uma série de medidas implantadas pelo governo, um novo recorde de vendas internas foi alcançado pela indústria. Entre as medidas, destacam-se a expansão do crédito ao consumidor¹¹⁵, disponibilização de linhas de crédito via BNDES às montadoras e a redução do IPI (ANFAVEA, 2010; SALERNO, 2009).

A crise econômica mundial acarretou grande queda de faturamento nas montadoras européias e asiáticas, e agravou ainda mais a situação das montadoras norte-americanas, GM, Ford e Chrysler, que já vinham apresentando perda de competitividade em relação às montadoras estrangeiras, e também perdas financeiras com as vendas de SUVs e picapes. O crescente aumento do preço dos combustíveis, entre 2004 a 2008, desestimulou a compra destes veículos, que correspondem à grande parte da produção destas montadoras.

Em dezembro de 2008, o governo norte-americano anunciou um pacote de ajuda financeira às três montadoras em decorrência da possibilidade de falência destas companhias. Em contrapartida, o governo requisitou um plano de reestruturação que envolvesse o desenvolvimento de automóveis mais eficientes, além do desenvolvimento de novas tecnologias automotivas (THE ECONOMIST, 2009b). Governos de outros países¹¹⁶ também anunciaram medidas de estímulo ao setor automotivo, bem como ajuda financeira às suas montadoras, exigindo em contrapartida a fabricação de veículos mais eficientes e com menor emissão de CO₂ (THE ECONOMIST, 2009c).

Conforme mencionado anteriormente, o governo brasileiro implantou várias medidas que ajudaram a indústria automobilística com o objetivo da manutenção dos empregos no setor. Entretanto, esta ajuda financeira às montadoras multinacionais no Brasil também poderia ter sido concedida tendo como contrapartida a adesão a programas já instituídos pelo governo federal que visam ao desenvolvimento tecnológico em prol da eficiência energética veicular, tais como o programa de etiquetagem veicular (PBE veicular), aprovado em 2008. A mesma falta de preocupação do Poder Executivo com a eficiência energética veicular pode ser observada nos últimos trinta anos, com a

¹¹⁴O pouco crescimento da produção no ano de 2009 deveu-se a queda das exportações em 35% em relação ao ano anterior (ANFAVEA, 2010a)

¹¹⁵Foram destinados R\$ 4 bilhões via Banco do Brasil para aporte aos bancos das montadoras direcionados a elevar o crédito ao consumidor, e outros R\$ 4 bilhões via o banco Nossa Caixa para os bancos e financeiras ligadas às montadoras (SALERNO, 2009).

¹¹⁶ Por exemplo o Reino Unido, a França e Alemanha.

introdução de medidas governamentais que estimularam inovações tecnológicas no setor automotivo brasileiro. As próximas seções abordam as políticas públicas que possibilitaram a difusão de três inovações incrementais, que alteraram significativamente o perfil da indústria automobilística no Brasil.

6.4 EXEMPLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

6.4.1 CARRO A ÁLCOOL

A introdução do carro a álcool no Brasil foi promovida pelo Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, instituído em 1975 pelo Governo Federal. O principal objetivo do programa era reduzir a dependência do país à importação de petróleo, e assim minimizar o déficit na balança comercial a partir do primeiro choque do petróleo¹¹⁷. No período entre 1975-1979, ocorreu a primeira etapa do Proálcool, marcada pela utilização da mistura etanol anidro¹¹⁸ e gasolina, com o objetivo de substituir até 20% (v/v) da gasolina consumida no país por etanol na frota de veículos leves. Somente na segunda fase do Programa (1979-1985), foram lançados os primeiros modelos de carros movidos a etanol hidratado. As próximas seções mostram as intervenções do governo federal que viabilizaram a difusão do carro a álcool.

6.4.1.1 FOMENTO À PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO ETANOL

O etanol começou a ser utilizado efetivamente como combustível veicular no Brasil a partir do governo de Getúlio Vargas, que estabeleceu algumas iniciativas, como a criação do Instituto do Açúcar e do álcool (IAA) pelo decreto nº 22.789, promovendo a produção do etanol e seu uso como aditivo à gasolina, através do planejamento e

¹¹⁷ Na época do primeiro choque do petróleo (1973), mais de 80% do petróleo consumido no Brasil era importado. Outros motivos secundários para a instituição do Proálcool se referem à reduzida demanda do açúcar no mercado internacional e a perspectiva do esgotamento das reservas mundiais de petróleo por volta do ano 2000 (FIGUEIREDO, 2006; SOUZA, 2006).

¹¹⁸ Enquanto o etanol anidro tem o teor de água em torno de 0,5%, em volume, o etanol hidratado, vendido nos postos de combustíveis brasileiros, possui cerca de 5% de água (ANP, 2005)

intervenções econômicas no setor sucroalcooleiro. Porém, essas medidas precedentes ao Proálcool não foram suficientes para que a produção de etanol deixasse de ocupar uma posição subordinada em relação à produção de açúcar, já que esta *commodity* representava vasta arrecadação de divisas via exportação para o mercado externo (Figueiredo, 2006).

Com a criação do Proálcool, uma série de iniciativas possibilitaram o expressivo crescimento da produção de etanol a partir da safra de 1976/1977 (Figueiredo, 2006). Destacam-se a criação da Comissão Nacional do Álcool¹¹⁹ (CNAL), a disponibilidade de atrativas condições de financiamento pelos bancos oficiais ao setor sucroalcooleiro, a garantia de compra do álcool produzido em paridade de preço com o açúcar, bem como a garantia de comercialização do álcool anidro através do estabelecimento de um programa de distribuição entre as empresas de petróleo com o preço definido pelo Conselho Nacional de Petróleo (CNP) (FIGUEIREDO, 2006).

Em 1977, a Secretaria de Tecnologia Industrial (STI), ligada ao Ministério da Indústria e Comércio (MIC), desenvolveu o “Programa Tecnológico do Etanol” que apresentava cinco sub-programas: (1) produção de matérias primas, (2) tecnologia de produção alcooleira, (3) tecnologias de utilização do etanol, (4) programas conjugados, e 5) coordenação e reserva para tecnologias complementares (MIC-STI, 1977 apud FIGUEIREDO, 2006).

Destes subprogramas, o terceiro promoveu projetos visando à inovação em motores a etanol. Os demais sub-programas contemplavam projetos na área agrícola (subprograma 1), aprimoramento da engenharia de processos industriais e aproveitamento de outras matérias primas como a mandioca, sorgo e babaçu, bem como de resíduos como o vinhoto (subprograma 2). O subprograma 4 era composto por projetos em diferentes áreas, tais como a produção de energia elétrica por termogeradoras, armazenamento e distribuição de etanol e desenvolvimento da indústria da indústria de autopeças, entre outros. O subprograma 5 tratava da gerência das despesas do programa (FIGUEIREDO 2006 apud MIC-STI, 1977).

Os projetos de pesquisa e desenvolvimento se concentraram principalmente na fase agrícola, visando melhorar a baixa produtividade da cultura canavieira. Programas de

¹¹⁹ Comissão de caráter interministerial, presidida pelo Secretário-Geral do Ministério da Indústria e Comércio (MIC).

melhoramento genético desenvolvidos pelo Planalsucar e Copersucar introduziram novas variedades de cana de açúcar e auxiliaram no controle fitossanitário contra pragas e doenças. Além disso, o uso dos resíduos agrícolas, melhoramentos no transporte e colheita, otimização do processo industrial (extração, tratamento do caldo da cana-de-açúcar, processos de fermentação e destilação) também foram alvo de investimentos estimados em torno de US\$ 5 bilhões entre 1975 a 1989 (MOREIRA E GOLDEMBERG, 1999).

O acúmulo de experiência e ganhos em produtividade na produção da cana-de-açúcar refletiram-se na diminuição dos custos de produção do etanol ao longo dos anos do Proálcool. Nos primeiros anos do programa, houve uma grande expansão da produção e uma queda reduzida nos custos de produção. A expansão da produção de cana-de-açúcar se deu de forma extensiva, através da incorporação de novas terras. Naquela época, não existia um processo de concorrência de preços no setor, em função do controle do preço de álcool e do açúcar pelo Governo Federal, que assim cobria grande parte dos custos de produção das usinas (GOLDEMBERG, 1999).

No período entre 1987-1990, ocorre uma grande queda nos custos, mas pequena expansão na produção. Conforme GOLDEMBERG (1999), a diminuição dos custos de produção em 1987-1990 é produto do progresso tecnológico consolidado durante os anos de acúmulo de experiência da expansão da produção. Outro fator que favoreceu a expressiva queda de preço foi a falta do subsídio do governo à produção de álcool, a partir do final da década de 80, gerando maior empenho dos produtores em aumentar a eficiência e produtividade (SOUZA, 2006).

Segundo FIGUEIREDO (2006), os investimentos públicos ocorreram em toda a cadeia de suprimentos do etanol. Na segunda etapa do Proálcool foram necessários pesados investimentos em infra-estrutura de transporte e distribuição para o adequado escoamento da produção dos centros produtores aos centros consumidores, já que a infra-estrutura existente de distribuição de gasolina não era adequada para escoamento da mistura álcool-gasolina que apresenta maior pressão de vapor.

Para viabilizar a distribuição, o CNAL aprovou a Resolução nº 6/80 estabelecendo que o álcool carburante tivesse o mesmo sistema de transporte dos derivados do petróleo. Foi construída uma rede de tanques de armazenagem e centros de coleta, bem como um sistema de transporte através de dutos, ferrovias, cabotagem, rodovias para a

transferência do álcool das usinas produtoras para os centros de coleta, e depois para os centros de mistura álcool-gasolina (SOUZA, 2006).

6.4.1.2 DIFUSÃO DO CARRO A ÁLCOOL

Com base na pesquisa de FIGUEIREDO (2006), a difusão dos motores dos veículos a etanol no Brasil pode ser dividida em três momentos. A fase inicial (1979-1981) onde predominaram a incerteza e a falta de comprometimento das principais montadoras de automóveis no desenvolvimento de motores, e ainda, a incidência de vários problemas técnicos relacionados à conversão dos motores a gasolina e dos primeiros modelos lançados a etanol. A segunda fase (1982-1983) caracterizou-se pelo desenvolvimento das soluções tecnológicas e a oportunidade da indústria automobilística de recuperar as vendas internas, dada à retração do mercado no início dos anos 80. A terceira fase (1983-1985) marca a consolidação da difusão do carro a álcool e o auge do Programa Proálcool.

Na primeira fase de difusão, a estratégia do governo para estimular o carro a álcool se iniciou pela conversão da frota oficial¹²⁰ e qualificação de uma rede de serviços técnicos para a conversão dos motores a gasolina, através do credenciamento das oficinas de retíficas de motores, realizado pelo MIC-STI (Ministério da Indústria e Comércio/Secretaria de Tecnologia Industrial), com base nas recomendações dos institutos de pesquisa do governo, tais como o Centro Técnico da Aeronáutica¹²¹.

Entretanto, o carro a álcool convertido pela rede credenciada apresentava vários problemas de funcionamento, em função da falta de oficinas com capacidade técnica para propor as adaptações adequadas, corrigidas somente anos mais tarde, como a solução dos problemas da partida a frio, do maior aquecimento do coletor de admissão e entupimentos decorrentes dos produtos da corrosão. Mesmo havendo um procedimento detalhado de credenciamento dessas retíficas pelo governo, tais modificações estavam além das competências destas empresas (FIGUEIREDO, 2006; NIGRO e SZWARC,

¹²⁰ Dez empresas estatais autorizaram a conversão, supervisionada pelo CTA (Centro Técnico da Aeronáutica) em São Paulo, totalizando cerca de 746 veículos. A Telesp tinha a maior frota convertida, cerca de 400 veículos (SILVA e FISCHETTI, 2008)

¹²¹O CTA era o principal centro de desenvolvimento de motores a etanol no país. Este instituto de pesquisa estatal apresentou adaptações e várias soluções tecnológicas para uso do etanol em veículos, em proporções maiores, de até 100%.

2009). Ao mesmo tempo, havia incerteza e descrédito por parte das principais montadoras no Proálcool. Existiam dúvidas sobre vários aspectos do programa, tais como a manutenção da relação favorável entre os preços da gasolina e do etanol, a qualidade do etanol vendido nas bombas de combustível e a garantia de abastecimento. Além disso, dispor de dois motores diferentes para o mesmo modelo de carro na linha de produção representava aumento de custos para as montadoras, cujas matrizes no exterior difundiam o conceito de “carro mundial” (SILVA e FISCHETTI, 2008). Desta forma, os primeiros protótipos de carros a etanol foram desenvolvidos por montadoras menores instaladas no Brasil, como Gurgel, Willys, Dogde, assim como alguns modelos foram adaptados pelo CTA.

Alguns autores (FIGUEIREDO, 2006; SILVA e FISCHETTI, 2008) mencionam que a ANFAVEA somente se mobilizou a produzir o carro a etanol quando o governo brasileiro procurou a montadora Toyota, propondo a implantação de uma fábrica de carros de passeio a etanol no Brasil, e aceitando a exigência da montadora japonesa de exclusividade de produção destes veículos no país. Diante deste cenário, em setembro de 1979, o governo e a ANFAVEA assinaram um acordo segundo o qual os fabricantes deveriam buscar novas tecnologias para a produção de veículos a etanol hidratado. Alguns meses depois, o primeiro carro a álcool foi lançado pela Fiat, montadora que tinha recentemente aberto uma fábrica no Brasil em 1976.

Os primeiros carros lançados no mercado em 1979-1980 apresentavam inúmeras imperfeições, tais como a irregularidade de funcionamento dos motores e problemas de corrosão no tanque e bomba de combustível, filtros, carburadores e dutos, que somente foram solucionados na segunda fase de difusão dos carros a álcool. Os testes realizados na época (CARSUGHI, 1980 apud FIGUEIREDO, 2006) apontavam que até pouco tempo antes do lançamento do primeiro modelo, as pesquisas das montadoras ainda não estavam amadurecidas, e os testes ainda estavam sendo realizados para reduzir problemas de funcionamento do motor. Alguns dos materiais desenvolvidos pelos fabricantes de autopeças (sob as especificações das montadoras), não passavam de

adaptações das versões dos carros a gasolina, como o uso da liga Zamak¹²² (FIGUEIREDO, 2006).

Para contornar estes problemas, o governo concedeu fortes incentivos desde a comercialização dos primeiros modelos. O preço do álcool foi fixado a uma relação de 59% do preço da gasolina e estabelecida isenção do Imposto de Produtos Industrializados (IPI) pelo prazo de um ano para os carros a álcool. Houve também facilitação do crédito e prazos mais longos de financiamento para a compra destes carros (MORAES, 2000).

Com a intensificação da crise econômica¹²³ no país em 1981, o carro a álcool representou uma boa oportunidade para as montadoras superarem a queda de vendas do setor automotivo, já na segunda fase de difusão. As soluções tecnológicas apareceram com o lançamento do Corcel II pela Ford em 1981, tendo grande envolvimento da engenharia brasileira no projeto do carro. O Corcel II¹²⁴ apresentava as vantagens de acionamento da partida a frio (com injeção de gasolina, comandada por sensor automático de temperatura); revestimento de níquel em carburadores e bombas de combustível, no lugar da bicromatização¹²⁵; uso de revestimento nos tanques de combustível, com materiais mais resistentes ao ataque do etanol. A tabela 6.3 mostra a introdução de inovações incrementais no motor de ciclo Otto, que garantiram o consumo de etanol carburante em larga escala. A colaboração de vários institutos de pesquisas estatais¹²⁶ também foi significativa para solucionar os problemas de corrosão.

¹²² Liga de Zinco composto por outros componentes metálicos básicos para sua formação como Alumínio, Cobre e Magnésio. Os carburadores dos automóveis fabricados no Brasil utilizavam esta liga pelo método de fundição.

¹²³ A recessão no início da década de 80 está relacionada à 2ª crise do petróleo, o qual intensificou as dificuldades das montadoras.

¹²⁴ O Corcel II era um produto originário da Renault, desenvolvido pela Willys como substituto do Renault Gordine. Com a fusão da Willys e Ford em 1968, esta última herdou o projeto em nível avançado da Willys, criando assim o Corcel II (Wikipedia, 2008).

¹²⁵ Processo eletroquímico de deposição que reduz a corrosão.

¹²⁶ Em especial o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT). A principal ação conhecida como “Projeto Corrosão” patrocinada pelo MIC-STI envolvia CTA, IPT, COPPE/UFRJ, IAA, FTI, UFSCar (Figueiredo, 2006).

Tabela 6-3: Exemplos de mudanças tecnológicas nos modelos a álcool a partir de 1981

Montadora	Modelo	Principais alterações no motor a álcool em relação à versão a gasolina	Outros aperfeiçoamentos
VW	Fusca 1300	Aumento da taxa de compressão de 6,8 para 10:1 e dupla carburação	Revestimento do tanque estanhado; bomba de combustível cadmiada; filtro de papel e plástico; carburador níquelado
	Gol		
	Brasília	Motor 1300 cm ³ , Aumento da taxa de compressão de 6,8:1 para 10:1	
	Passat	Motor 1600 cm ³ , Aumento da taxa de compressão de 7,4:1 para 10,5:1	
Ford	Corcel II	Motor 1600cm ³ e partida a frio automática, sem informação da taxa de compressão	Revestimento do tanque de combustível, carburador revestido com níquel químico. Desenvolvimento de novos coletores e cabeçotes.
	LTD	Aumento da taxa de compressão de 9:1 para 11:1, e partida a frio automática	
Fiat	Fiat 147	Motor 1300 cm ³ e aumento da taxa de compressão de 7,5:1 para 11,2:1	Revestimento do tanque estanhado; medidor de combustível colocado fora do tanque; revestimento de níquel químico no carburador
GM	Opala	Aumento da taxa de compressão de 7,5:1 para 10,5:1	-

Fonte: FIGUEIREDO (2006)

O período entre 1983-1985 representa o auge do processo de difusão do carro a etanol, caracterizado pelo crescimento expressivo das vendas, que alcançaram cerca de 92% (automóveis e comerciais leves) em 1985 (ANFAVEA, 2010). De acordo com NIGRO E SZWARC (2009), em meados da década de 80, os motores dos veículos novos a álcool fabricados pelas montadoras eram mais eficientes que os veículos a gasolina, pelo aproveitamento das propriedades do etanol, tais como a maior octanagem, que possibilita a maior taxa de compressão que os modelos a gasolina que, em geral, operavam com taxa de compressão inferior a 8:1. Além disso, naquela época os modelos a etanol eram mais atuais que os modelos a gasolina, apresentando alguns aperfeiçoamentos tecnológicos incrementais (NIGRO E SZWARC, 2009).

A partir de 1986, a diminuição dos preços internacionais do petróleo e a necessidade de maiores subsídios para manter a relação artificial entre o preço do etanol e gasolina começaram a comprometer a viabilidade econômica do etanol como combustível veicular. A crise de abastecimento ocorrida em 1989 aumentou a falta de confiança dos

consumidores no programa¹²⁷. Em meados da década de 90, as montadoras praticamente abandonaram a produção de carros a álcool (ANFAVEA, 2009), de acordo com a figura 6.3.

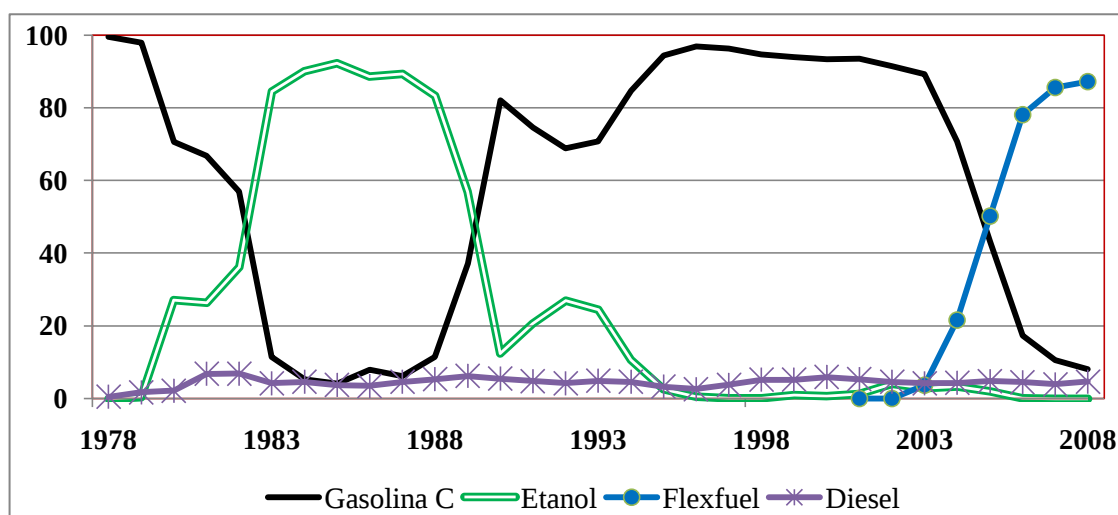


Figura 6-3: Vendas de novos veículos leves por combustível (distribuição percentual)

Fonte: ANFAVEA (2009)

De acordo com NIGRO E SZWARC (2009), o maior rendimento termodinâmico dos carros a álcool em relação aos carros a gasolina foi reduzido a partir da década de 90. Segundo estes autores, com o desinteresse dos consumidores pelo carro a álcool, a atualização tecnológica dos veículos a gasolina passou a ser o foco do investimento das montadoras. Outro fator de perda de eficiência energética refere-se à introdução do catalisador de três vias¹²⁸ que requer o uso de uma mistura estequiométrica entre ar e combustível. Isso teve maior impacto no consumo do carro a álcool, já que este permite o uso de misturas mais pobres que a gasolina em cargas parciais do motor, em virtude da maior velocidade de propagação de chama laminar do etanol (NIGRO E SZWARC, 2009).

¹²⁷ A crise de desabastecimento foi causada principalmente pelo corte do subsídio governamental ao etanol e pela preferência do setor sucroalcooleiro à produção de açúcar, que voltou a apresentar altas cotações no mercado internacional (Souza, 2006).

¹²⁸ Em função da fase L3 (1997) do Programa Nacional de Controle da Poluição Veicular (PROCONVE).

6.4.2 CARRO 1.0

A política tributária de isenção do Imposto de Produtos Industrializados (IPI) para os carros de baixa cilindrada teve grande impacto nas estratégias de atuação local das montadoras de automóveis no país, principalmente em relação às atividades de desenvolvimento de produtos. Os automóveis de 1000 cm³ de cilindrada eram veículos bastante simples quando foram lançados, desprovidos de uma série de acessórios¹²⁹, mas capazes de atender a grande demanda reprimida por automóveis pela população de média e baixa renda, que até este período convergiam para a compra de automóveis usados, igualmente desprovidos de acessórios (CONSONI, 2004).

Conforme ressalta CONSONI (2004), alguns países¹³⁰ também adotaram medidas em relação à tributação diferenciada para veículos de baixa cilindrada em função do estímulo ao uso de automóveis com motores mais econômicos e com menor emissão de poluentes. No entanto, este não foi o objetivo do governo brasileiro quando instituiu a redução fiscal para os carros 1.0. O propósito desta medida era o aquecimento das vendas e a geração de empregos na indústria automobilística.

GELLER et al (2004) ressaltam que não houve nenhuma preocupação das montadoras em relação à eficiência de consumo de combustível destes carros. Conforme mostra a figura 6.4, inicialmente, os motores de 1000cc vendidos no mercado doméstico eram ineficientes por causa da tecnologia obsoleta empregada, derivada dos modelos de carros de 1600 cilindradas mais antigos (GELLER et al 2004). Em meados da década de 90, foram introduzidos alguns aperfeiçoamentos no motor 1.0, como a injeção eletrônica multiponto e troca de carburadores pelos injetores de combustível. Tais modificações aumentaram a eficiência energética destes veículos, e foram inseridas em toda frota de veículos leves, principalmente em função do PROCONVE instituído em 1986. A partir de 1995, os veículos populares seguiram a tendência dos demais veículos no Brasil, adquirindo maior torque e potência.

¹²⁹ Ar condicionado, direção hidráulica e outros itens ligados ao conforto do motorista.

¹³⁰ Os governos da Holanda, Grécia, Irlanda e Itália introduziram incentivos fiscais para veículos com menor cilindrada com o objetivo de estimular a aquisição de automóveis com motores mais econômicos e de menores emissões (MANDEL, 2009).

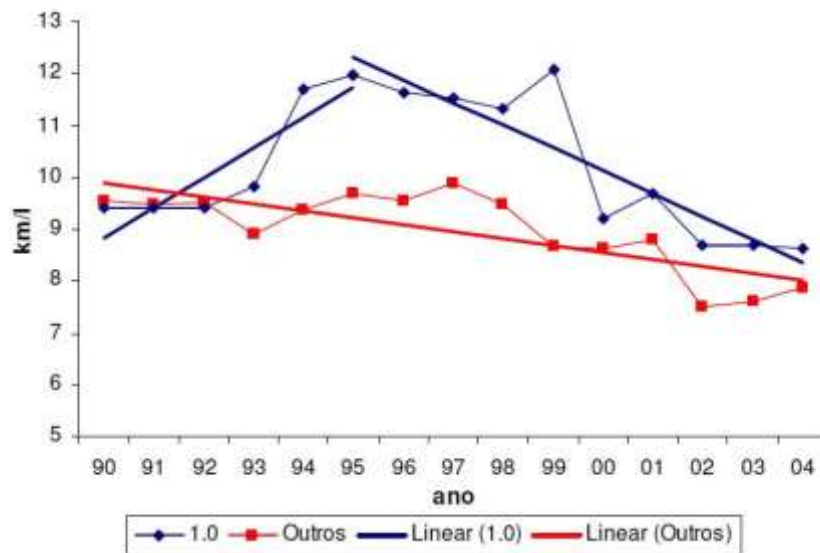


Figura 6-4: Desempenho energético médio dos veículos de 1.0 e demais veículos leves a gasolina

Fonte: BORBA (2008).

Um significativo esforço tecnológico das montadoras foi feito no sentido de aumentar o desempenho dos motores de baixa cilindrada. Dentre as soluções tecnológicas destacam-se a elevação da taxa de compressão e o uso de compressor mecânico. Um exemplo de desenvolvimento tecnológico foi o lançamento do motor 1.0 VHC (*very high compression*), que resultou em maior potência do motor e gerou uma patente para a GM (CONSONI, 2004). BORBA (2008) também comprovou em seu estudo o progressivo aumento da potência nos veículos leves de mil cilindradas, que apresentavam potência inferior a 50 cv no começo da década de 90, e hoje possuem potência superior a 70cv.

O esforço tecnológico das montadoras em relação ao aumento da potência do motor aumentou a competitividade do carro de 1000cc, e agradou ao consumidor brasileiro, mas prejudicou a eficiência do consumo de combustível. Após a consolidação das vendas dos carros de baixa cilindrada, o governo aumentou os impostos dos carros 1.0 em 1995. A figura 6.5 mostra o crescimento da porcentagem total das vendas destes veículos até 2001(em torno de 71%), e após este ano, observa-se um declínio gradual. Atualmente cerca de 50% da frota de novos veículos é composta por carros 1.0 (ANFAVEA, 2009).

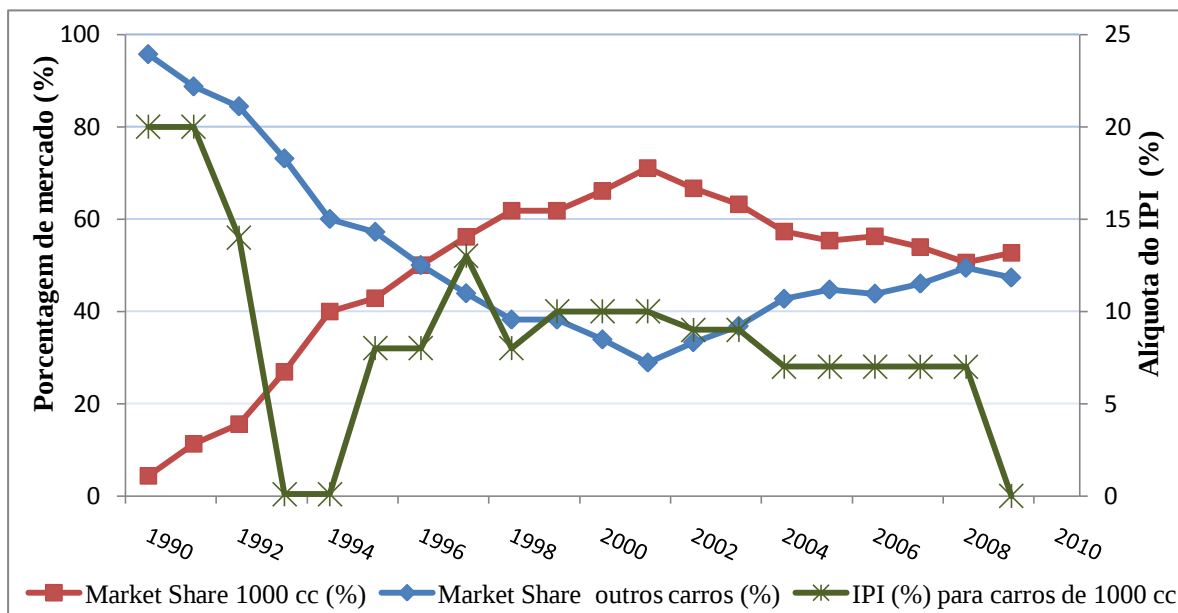


Figura 6-5: Alíquota de IPI e a percentagem de mercado dos automóveis 1.0

Fonte: ANFAVEA (2010)

Neste exemplo do carro 1.0, a política de isenção fiscal teve grande impacto nas estratégias de atuação local das montadoras de automóveis no país. Tal política contribuiu para a especialização do setor automotivo em plataformas de automóveis subcompactos, bem como levou a uma alteração na estratégia na comercialização de produtos das quatro principais montadoras, principalmente da GM que centralizava a maior parte do seu faturamento em carros de médio e grande porte (CONSONI, 2004). Outras montadoras, como a Fiat, conseguiram aumento do seu *market share* no país após o lançamento de modelos subcompactos.

6.4.3 MOTOR FLEXFUEL

O sistema flexfuel desenvolvido no Brasil representa uma inovação decorrente das competências adquiridas no desenvolvimento do carro a álcool, através de pesquisas realizadas por empresas do setor de autopeças, principalmente a Bosch e Magnetti Marelli.

Esta tecnologia começou a se difundir¹³¹ no final da década de 80, quando o governo norte-americano incentivou o desenvolvimento de motores movidos a misturas de álcool (etanol e metanol) e gasolina, a partir da legislação aprovada em 1988 (*Alternative Motor Fuels Act*). No Brasil, a Bosch foi a empresa pioneira no desenvolvimento desta tecnologia a partir da patente¹³² de 1988, sobre a técnica de detecção de combustível através do uso de sonda de oxigênio, desenvolvida pela filial americana (TEIXEIRA, 2005).

As pesquisas e o desenvolvimento do sistema pela engenharia brasileira da Bosch levaram cerca de onze anos, tendo seu início como um trabalho de pesquisa tecnológica, com uma equipe de poucos engenheiros, até alcançar o desenvolvimento de um carro-conceito baseado no Ômega 2.0 da GM.

O aprendizado tecnológico obtido anteriormente pela equipe de engenharia brasileira com desenvolvimento do sistema de injeção para carros movidos a álcool foi fundamental para o posterior desenvolvimento do sistema flexfuel. Em 1992, a empresa possuía uma estrutura montada para atender a demanda das montadoras por esse sistema de injeção. Mas, com o desinteresse dos consumidores e das montadoras pelo carro a álcool, uma pequena parte da equipe que pertencia a tal estrutura passou a estudar uma solução técnica para uso de motores flexíveis no país (QUINTÃO, 2008).

No desenvolvimento do sistema flexfuel, a Bosch enfrentou desafios técnicos em três componentes-chaves do sistema padrão de injeção de gasolina: o sistema de software da injeção eletrônica (unidade de comando eletrônico), a vela de ignição e a parte elétrica de condução, conhecida como chicote elétrico, no interior da bomba de combustível (QUINTÃO, 2008).

A equipe de engenharia da Divisão de Sistemas a Gasolina desenvolveu internamente, com auxílio da matriz alemã, tanto a solução da mudança da vela quanto a solução para a unidade de comando eletrônico. Para o chicote elétrico¹³³, a Bosch precisou procurar um fornecedor no mercado brasileiro, pois o componente não era produzido pela empresa. Dado que a escala de produção era muito pequena, nenhum grande fornecedor multinacional desse componente estava disposto a desenvolver um produto específico para o uso dos dois combustíveis. Através da Letandé, na época uma pequena empresa

¹³¹ Nesta época, a filial americana da Bosch realizou pesquisas que serviram de base para o desenvolvimento do motor flexível.

¹³² O algoritmo da sonda de oxigênio foi patenteado em nome dos engenheiros alemães: Klaus Adam e Hainz Boehmler, que desenvolveram a pesquisa nos Estados Unidos (TEIXEIRA, 2005).

¹³³ Cabeamento que leva a energia aos atuadores, sensores e sistemas do veículo.

brasileira, tal sistema pode ser produzido. A Letandé desenvolveu o componente a partir de pesquisas em patentes¹³⁴ e artigos científicos relacionados ao assunto (QUINTÃO, 2008).

A participação da montadora GM no desenvolvimento do motor foi pequena, mas importante, por garantir a base para testar o conceito. A Bosch também contou com o apoio de um técnico da área de motores da GM, que forneceu os recursos laboratoriais necessários para a realização do trabalho na montadora (QUINTÃO, 2008).

Outra empresa importante para o desenvolvimento do sistema flexfuel no Brasil foi a Magneti Marelli. Segundo NASCIMENTO et al (2009), os primeiros experimentos da empresa neste sistema foram feitos de forma improvisada e não oficial (sem conhecimento da matriz), a partir da pesquisa de um funcionário italiano que trabalhava no desenvolvimento de sistemas de injeção eletrônica. Em 2000, a Magneti Marelli desenvolveu alguns testes com um carro alugado, e também começou a apresentar os primeiros resultados¹³⁵ das pesquisas às montadoras. Porém nesta época, as montadoras não se mostraram interessadas em adotar o sistema flexfuel, alegando que precisavam de incentivos fiscais para compensar os investimentos, bem como esclarecimentos acerca da classificação fiscal, dos critérios de homologação, registro e licenciamento para os veículos equipados com esse sistema (ABREU e RIBEIRO, 2006).

Em 2002, a patente apresentando o sistema Software Flexfuel Sensor¹³⁶ (SFS) foi registrada (TEIXEIRA, 2005), e a parceria com a VW já estava estabelecida. O sistema SFS dispensou o uso do sensor capacitivo adicional requerido pelo projeto da Bosch para detectar o percentual de etanol na mistura combustível, permitindo a sua substituição pelo sensor de oxigênio. Esta alternativa tecnológica era mais barata e confiável, e desta forma ganhou a preferência das montadoras (NIGRO e SZWARC, 2009).

Paralelamente, atendendo ao pedido da indústria automobilística e da indústria sucroalcooleira, o Governo Federal concedeu aos veículos flexíveis, o mesmo tratamento fiscal dos carros a álcool. O governo do estado de São Paulo também

¹³⁴ A Letandé encontrou uma patente sobre um sensor de nível para a bomba de combustível desenvolvido para adoção em veículo usado na neve, gerando outra patente (QUINTÃO).

¹³⁵ Em outubro 2000, a Magneti Marelli apresentou no congresso da SAE, um protótipo concebido pela equipe de engenheiros chefiada por Fernando Damasceno, a partir do *know-how* nacional (TEIXEIRA, 2005).

¹³⁶ A tecnologia SFS permite a detecção do teor de oxigênio nos gases de escapamento através da sonda lambda. A função da sonda lambda é informar à unidade de controle eletrônico do motor (ECU) quando injetar combustível conforme a mistura apresente mais ou menos combustível (mistura pobre ou rica), com o objetivo de mantê-la na estequiometria adequada da combustão (NIGRO E SZWARC, 2009).

contribuiu para a compra destes veículos ao reduzir o imposto estadual sobre propriedade de veículos automotores (IPVA) em 50%.

Segundo NASCIMENTO *et al* (2009), além da política tributária, outros fatores institucionais contribuíram para a difusão do sistema flexfuel, tais como a infraestrutura de abastecimento já construída, a capacidade de produção do etanol pela indústria sucroalcooleira, a grande mão de obra para a atividade de colheita da cana, entre outras. Em 2003 é lançado o primeiro veículo flexfuel, um Gol Total Flex 1.6 (ABREU e RIBEIRO, 2006). Em seguida, todas as principais montadoras brasileiras lançaram seus modelos com esta tecnologia. O sucesso das vendas destes veículos foi muito expressivo, alcançando cerca de 50% do mercado de novos automóveis em 2006 (ANFAVEA, 2010b). No final de 2009, o total de licenciamento acumulado de veículos flexfuel foi de 9,6 milhões de veículos.

A tecnologia flexfuel representa uma economia para as montadoras, na medida em que minimiza a produção e o estoque diferenciado de peças, possibilitando a unificação de vários componentes do veículo, tais como velas de ignição, válvulas injetoras, bomba de combustível que antes eram diferenciadas por tipo de combustível. Além disso, há pouca modificação da linha de montagem (ABREU e RIBEIRO, 2006).

Para o consumidor, a flexibilidade garante autonomia em relação a eventuais problemas de desabastecimento (como ocorreu no Proálcool), podendo oferecer adicionalmente economia de despesas com combustíveis.

Segundo NIGRO E SZWARC (2009), não houve preocupação em relação à eficiência energética nos primeiros anos de comercialização dos veículos flexfuel (2003-2005). O principal foco dos investimentos das montadoras consistia na funcionalidade do sistema e no atendimento aos requisitos de emissões atmosféricas¹³⁷. Nos anos seguintes (2006-2009), a atenção dos fabricantes tem sido direcionada principalmente ao aumento dos ganhos em torque e potência do motor flexfuel, a partir do aumento taxa de compressão do motor. Em 2009, a indústria de autopeças desenvolveu mais uma inovação incremental a partir do desenvolvimento tecnológico dos sistemistas: o sistema de partida a frio com pré-aquecimento do etanol, que dispensa a necessidade do tanque de gasolina auxiliar. Esses desenvolvimentos são mostrados na tabela 6.4.

¹³⁷ Requisitos da fase L4 do PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores).

Tabela 6-4: Evolução da tecnologia flexfuel

Geração	Lançamento no mercado	Taxa de compressão do motor	Ganho de potência com etanol	Ganho de torque com etanol	Perda de autonomia com etanol	Partida a frio com gasolina
1ª	2003	10,1 a 10,8	2,1%	2,1%	25 a 35%	sim
2ª	2006	10,8 a 13,0	4,4%	3,2%	25 a 35%	sim
3ª	2008	11,0 a 13,0	5,6%	9,3%	25 a 35%	sim
4ª	2009	11,0 a 13,0	5,6%	9,3%	25 a 35%	não

Fonte: JOSEPH JR. (2009) apud NIGRO e SZWARC (2009).

Segundo FIGUEIREDO (2006), a alternativa flexfuel é inerentemente menos eficiente do que as alternativas de motores movidos por um só combustível. Isso acontece porque cada combustível tem especificações mecânicas próprias, que envolvem desde um formato geométrico específico para a câmara de combustão, até uma regulagem própria do intervalo de abertura das válvulas de admissão e escapamento (FIGUEIREDO, 2006). Além disso, o motor flexfuel não aproveita integralmente a vantagem da maior eficiência de combustão do etanol, na medida em que a taxa de compressão do motor é menor do que a de um veículo movido somente a álcool, devido à menor octanagem da gasolina. SZKLO *et al* (2007) destacaram que um motor ciclo Otto otimizado consumindo gasolina com proporções maiores de etanol (E30) pode ser mais eficiente do que um veículo flexfuel movido com variadas proporções de etanol e gasolina.

A figura 6.6 apresenta os valores médios das autonomias por litro dos novos veículos flexfuel¹³⁸ entre 2004 a 2008 (CETESB, 2009). Embora tenha havido uma melhoria de eficiência energética dos motores flexfuel movidos a gasolina, os carros flexfuel que utilizam apenas o etanol vêm mantendo o consumo de combustível constante. A maioria dos consumidores abastece os veículos flexfuel com etanol (EPE, 2009)¹³⁹.

¹³⁸ Não foi possível comparar o consumo de combustível dos veículos flexfuel com os veículos movidos unicamente a álcool, por causa da amostra de veículos distinta das medições de consumo de combustível realizadas pela CETESB. Entretanto, os modelos 1,0 a álcool medidos pela CETESB em 2004 apresentam o consumo de combustível de 8,6 km/l. Tais veículos pararam de ser produzidos em 2006.

¹³⁹ O plano decenal 2008 a 2017 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estima que o etanol representa três-quartos do combustível consumido pelos veículos flexfuel anualmente.

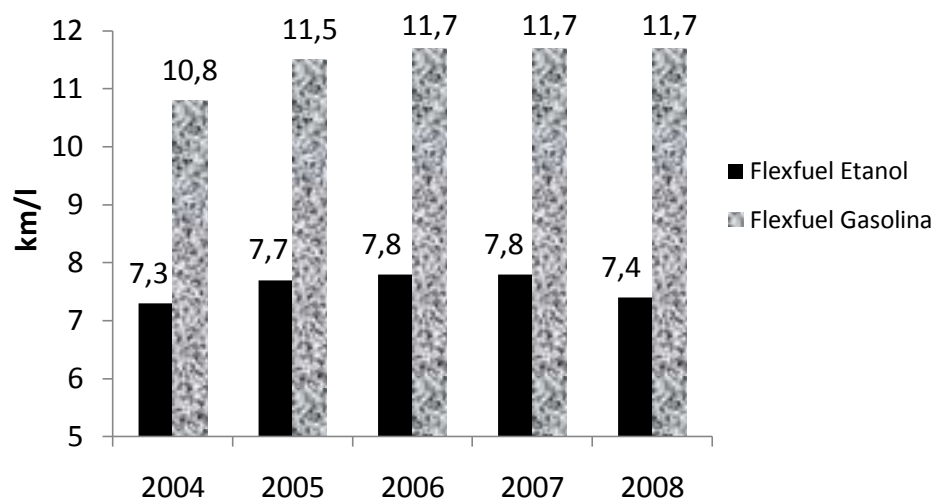


Figura 6-6: Média da autonomia por litro dos veículos leves flexfuel fabricados no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2009)

Outro fator relevante que reforça a necessidade de melhoria da eficiência energética dos veículos flexfuel consiste nas emissões de CO, HC, NO_x, RCHO (aldeídos). Conforme os dados de emissões da CETESB (2009), observa-se a maior emissão dos poluentes atmosféricos CO, HC, NO_x e RCHO nos veículos flexfuel em comparação aos veículos a gasolina.

Com base neste relatório da CETESB, NIGRO E SZWARC (2009) concluíram que os veículos flexfuel ainda não são adequadamente desenvolvidos para aproveitar o maior calor latente de vaporização e a maior octanagem do etanol para atingir um diferencial de consumo energético significativo.

Desta forma, convém tratar com mais rigor a definição das vantagens ambientais da utilização dos veículos flexfuel. Tais vantagens somente se viabilizam integralmente se os motores flexfuel operarem de forma mais eficiente.

A história do desenvolvimento do motor flexfuel descrito nesta seção mostra a evolução da capacidade tecnológica das montadoras e principalmente das empresas de autopeças, que atualmente desenvolvem atividades tecnológicas cada vez mais complexas e independentes das matrizes (QUINTÃO, 2007). Esta inovação modificou expressivamente o perfil dos veículos leves brasileiros e levou a outras inovações

incrementais¹⁴⁰ baseadas em conhecimento tecnológico adquirido no Brasil (CONSONI, 2004; NASCIMENTO *et al*, 2009).

6.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo mostrou a importância da introdução de algumas políticas públicas para a difusão de inovações incrementais que modificaram fortemente o perfil e as estratégias da indústria automobilística no Brasil. Observou-se também a evolução da capacitação tecnológica das montadoras instaladas no país, a partir do esforço da engenharia brasileira de geração de inovações próprias.

No exemplo do carro a álcool, foram identificadas políticas de *demand-pull* e *technology push* que tiveram grande impacto na difusão deste veículo. As políticas de *technology-push* foram estabelecidas basicamente para o desenvolvimento da produção e distribuição do etanol, que assim diminuíram as incertezas das montadoras quanto ao desenvolvimento destes veículos. Desta forma, o Estado assumiu grande parte dos custos e riscos financeiros para a produção e comercialização do etanol como combustível automotivo visando à redução das importações de petróleo, principal objetivo do Proálcool. Porém os instrumentos de *technology-push* pouco atuaram no aperfeiçoamento tecnológico do veículo, em decorrência da falta de recursos contínuos de P&D específicos¹⁴¹ para motores movidos a etanol, treinamento de mão-de-obra especializada, bem como falta de incentivo ao desenvolvimento de uma indústria de automóveis nativa (FIGUEIREDO, 2006). Já os mecanismos de *demand-pul* garantiram a viabilidade econômica dos carros a álcool até a mudança da conjuntura internacional, com a queda do preço do petróleo.

A política tributária de isenção do IPI para os carros com motorização de até 1000 cilindradas trouxe importantes implicações para a indústria automobilística. A primeira é que tal medida levou ao *downzing* do motor, e conseqüentemente a diminuição do peso e tamanho dos automóveis da frota de veículos leves. O incentivo ao *downzing* do motor é hoje um dos caminhos para diminuir a intensidade energética da frota de

¹⁴⁰ Por exemplo, o sistema de partida a frio com pré-aquecimento do etanol que eliminou a necessidade do reservatório extra para a partida a frio.

¹⁴¹ Tal suporte se resumiu ao CTA (motores) e ao IPT na busca da solução para os problemas causados pela corrosão derivada do uso do etanol em veículos de passeio.

veículos leves. Conforme foi visto no capítulo 5, alguns países europeus adotam tributação diferenciada em relação aos veículos de baixa cilindrada visando estimular a compra de automóveis com motores mais econômicos e com menor emissão de poluentes. Entretanto, o desenvolvimento tecnológico destes veículos no Brasil tem sido direcionado para o aumento da potência e torque do motor visando atender a demanda do consumidor por veículos que apresentem maior aceleração.

A segunda implicação refere-se ao desenvolvimento de competências da engenharia brasileira no projeto de motores de baixa cilindrada, contribuindo para a sua especialização em plataformas de automóveis subcompactos. Além disso, a renúncia fiscal do IPI modificou a estratégia competitiva da indústria automobilística brasileira, e conseqüente alteração do *market share* das quatro principais montadoras.

A inovação incremental do motor flexfuel nos mostra a evolução da capacidade tecnológica das montadoras e indústria de autopeças ao longo dos anos, a partir das competências adquiridas no desenvolvimento do carro a álcool.

A mudança das estratégias competitivas das montadoras devido às inovações incrementais descritas neste capítulo tem contribuído para o acúmulo de competências no setor de autopeças, principalmente para as empresas situadas no primeiro nível (sistemistas que estão no 1º *tier*), que se beneficiam em termos de aprendizado e acúmulo de competências. Entretanto, conforme a análise de QUINTÃO (2007), para as pequenas e médias empresas de capital nacional, os vínculos tecnológicos ainda são bastante frágeis. Porém, foi mostrado neste capítulo um exemplo de cooperação tecnológica entre um sistemista (Bosch) e uma pequena empresa de capital nacional (Letandê) no co-desenvolvimento do sistema flexfuel. Ambas as empresas acumularam competências, mostrando a aptidão da engenharia brasileira de buscar soluções inovadoras.

O Brasil tem hoje uma posição de destaque no cenário da indústria automobilística mundial, principalmente por ter um mercado consumidor em expansão. Ao mesmo tempo, a nova frota de veículos tende ao aumento de peso, tamanho e potência. Além disso, 88% da frota de novos veículos possuem o motor flexfuel, que precisa de aperfeiçoamentos para elevar a sua eficiência de consumo. Estas características podem fazer do setor de transporte rodoviário uma atividade cada vez mais intensiva em energia.

Observa-se que faltam políticas governamentais voltadas para a inovação dos veículos no Brasil visando à eficiência energética veicular. Recentemente o governo federal

introduziu o programa brasileiro de etiquetagem veicular (PBEV), com a intenção de aumentar a eficiência energética dos veículos novos. Conforme visto no capítulo 5, os programas de informação têm o objetivo de influenciar o consumidor a optar por veículos mais eficientes e incentivar o fabricante a produzi-los. O próximo capítulo avalia se esse programa foi elaborado adequadamente visando alcançar tais objetivos.

CAPÍTULO 7: AVALIAÇÃO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR

Este capítulo avalia se o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) foi elaborado apropriadamente para “zelar pela eficiência energética para os veículos leves de passageiros e comerciais leves com motores do ciclo Otto” – objetivo que é expresso na Portaria nº 391 do INMETRO, o qual regulamentou o programa de etiquetagem.

Primeiramente, analisa-se a estrutura do PBEV a partir do seu regulamento e das entrevistas com os representantes das quatro principais instituições que formularam o programa: INMETRO, ANFAVEA, CONPET e CETESB.

Em seguida, analisa-se se o PBEV induzirá a aplicação de novas tecnologias na frota brasileira visando o aumento da eficiência energética. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de campo com as oito maiores montadoras do país, com o objetivo de investigar se o programa de etiquetagem pode estimular o desenvolvimento tecnológico e a introdução de novas tecnologias na nova frota de novos veículos leves. A pesquisa de campo também apresenta a visão da indústria automotiva brasileira sobre o PBEV, considerando as suas regras, obstáculos de adesão ao programa, a possibilidade de impacto no desenvolvimento de novos veículos mais eficientes e o prazo aproximado para a introdução de novas tecnologias no mercado brasileiro.

7.1 FORMULAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PBEV

7.1.1 ANTECEDENTES E MARCO LEGAL

No Brasil, assim como em vários países, a preocupação com a conservação de energia e eficiência energética surgiu com os dois choques do preço do petróleo em 1973 e em 1979, motivando a criação de programas como o CONSERVE, instituído no âmbito do extinto Ministério da Indústria e Comércio (MIC), em 1981, com o objetivo de promover da conservação de energia na indústria, o desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e estimular à substituição de energéticos importados por fontes alternativas autóctones (Haddad e Aguiar, 1999).

No setor de transporte, o Programa de Economia de Combustíveis (PECO) foi o primeiro programa nacional de eficiência energética relacionado aos veículos automotivos, formalizado mediante um protocolo firmado entre o Governo (MME, MIC) e as montadoras (ANFAVEA), e implementado pelo STI/MIC (Nogueira e Branco, 2005). Entre 1983 a 1986, foram publicados guias de consumo de combustível, chamados de “Escolha Certo - Guia de consumo do seu carro”, com as informações da autonomia por litro em km/l dos modelos de automóveis disponíveis no mercado nacional. Durante a breve duração deste programa, foram estabelecidas metas de consumo a serem progressivamente atingidas pelos fabricantes nacionais, que segundo Nogueira e Branco (2005), foram alcançadas no período. Com a redução dos preços e aumento da oferta de petróleo a partir de 1986, a preocupação do governo brasileiro com a segurança energética diminuiu, e o programa foi suspenso em 1987 (Nogueira e Branco, 2005).

Em 1986, foi instituído o PROCONVE¹⁴², tendo como principais metas a redução da poluição atmosférica provocados pelos veículos leves e pesados, a indução do desenvolvimento tecnológico na indústria automobilística e a certificação de protótipos¹⁴³ e linhas de produção de veículos (Mendes, 2004). O PROCONVE induziu a aplicação de tecnologias que aperfeiçoaram o funcionamento dos motores, como a introdução de sistemas de injeção e ignição de combustível (Mendes, 2004).

Ainda na década de 80, foi estabelecido o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)¹⁴⁴, coordenado pelo o INMETRO, tendo a finalidade de racionalizar o consumo energético dos equipamentos mais utilizados no país, bem como orientar o consumidor sobre a eficiência energética dos produtos comercializados. A adesão ao PBE é voluntária, mas a partir de 2001, com a publicação da Lei de Eficiência Energética, o INMETRO passou a ter a permissão de estabelecer programas de avaliação de conformidade compulsórios.

Os produtos que participam do PBE são avaliados através de testes de conformidade, e a partir dos resultados, é criada uma escala de faixas de consumo energético. Os equipamentos são etiquetados com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

¹⁴² Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores.

¹⁴³ Homologação de protótipos dos veículos novos produzidos para comprovar previamente a sua conformidade com as exigências legais a produção em massa do veículo ou motor (MENDES, 2004).

¹⁴⁴ O PBE é decorrente do Protocolo firmado em 1984 entre o Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com a interveniência do Ministério das Minas e Energia.

(ENCE), que segue o modelo do selo comparativo europeu, com a classificação dos equipamentos em faixas de consumo energético de “A” a “E”, de forma que a faixa de consumo “A” é a mais eficiente (menor consumo) e a faixa “E” é a que apresenta a menor eficiência energética (maior consumo).

O marco mais importante na legislação brasileira sobre eficiência energética ocorreu com a promulgação da Lei 10.295, de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, determinando que o Poder Executivo pode estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país.

Para regulamentar esta lei, foi promulgado em dezembro de 2001, o Decreto 4.059, que estabelece os assuntos a serem tratados na regulamentação específica de cada produto, tais como normas técnicas de referência, mecanismo de avaliação da conformidade, metas a serem alcançadas, fiscalização, entre outras. O Decreto 4.059 também criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE)¹⁴⁵, com a função de elaborar regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia. Inicialmente, o CGIEE definiu como prioridade os equipamentos já presentes no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que apresentam grande oportunidade de melhoria da eficiência energética, como os veículos automotivos.

Em maio de 2005, foi constituído o Comitê Técnico de Eficiência Veicular presidido pelo CONPET¹⁴⁶ e composto por vários órgãos governamentais (INMETRO, ANP, CETESB, IBAMA e SMA/SP), que sob a orientação da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, iniciaram os estudos para a concepção de um programa de etiquetagem na frota de novos veículos leves. Entre 2005 a 2008, ocorreram várias reuniões entre membros de instituições do Poder Executivo, CONPET e ANFAVEA visando um acordo com a indústria automobilística sobre um programa de etiquetagem.

¹⁴⁵ Constituído por membros dos Ministérios de Minas e Energia (MME), Ciência e Tecnologia (MCT), Desenvolvimento, Indústria e Comércio exterior (MDIC), as agências ANEEL e ANP, um representante de universidade e um cidadão brasileiro, ambos especialistas no setor energético. O grupo também deve estabelecer um Programa de Metas com a indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado

¹⁴⁶ Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo de Gás Natural, coordenado pela Petrobrás.

Inicialmente algumas questões jurídicas foram colocadas pelas montadoras, tais como a aplicabilidade da lei de eficiência energética para veículos automotores, bem como as demandas judiciais relativas à comprovação do consumo informado.

As reclamações dos consumidores nos órgãos de defesa do consumidor sobre a diferença do valor da autonomia por litro apresentado na etiqueta e a autonomia em condições reais de operação foi um dos primeiros obstáculos apresentado pelas montadoras, que justificavam assim, a não divulgação das autonomies por litro dos seus carros há mais de 20 anos, desde a descontinuidade do programa PECO. Entretanto, a etiqueta apresenta a informação de que diversos fatores podem alterar o valor do consumo obtido no ensaio em laboratório, e o regulamento do programa, estabelece critérios detalhados para a averiguação da denuncia do consumidor, que deverá ser analisada pelo INMETRO.

Outra ponderação da ANFAVEA no início das negociações do programa de etiquetagem se refere ao segundo artigo da lei de eficiência energética, o qual não menciona no texto da lei a palavra veículo, mas sim máquinas e aparelhos consumidores de energia. Segundo o representante da CETESB, se nesta etapa das negociações, o programa fosse proposto de forma obrigatória, haveria questionamento jurídico sobre esta questão e maior atraso na elaboração do programa. Desta forma, desde o início das reuniões com a ANFAVEA, o INMETRO se comprometeu a estabelecer um programa de etiquetagem voluntário.

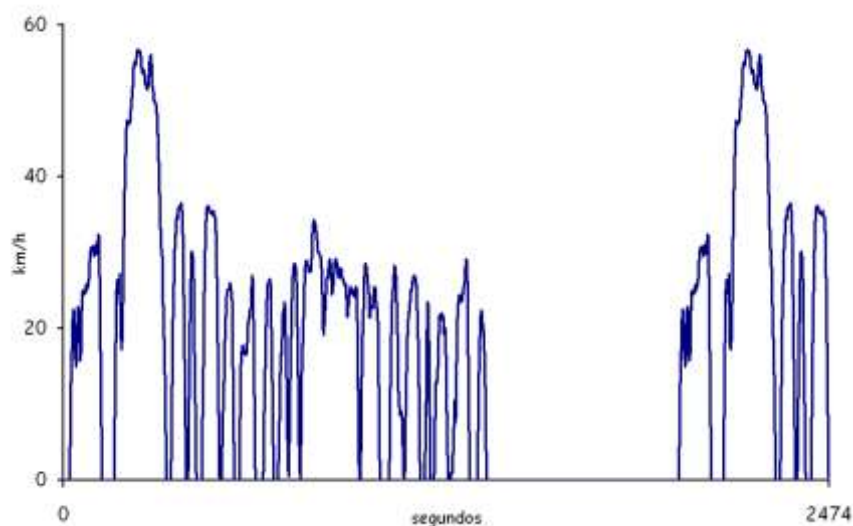
Em novembro de 2008 foi aprovado, através da portaria INMETRO nº 391, o Regulamento de Avaliação da Conformidade para Etiquetagem de Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves com Motores do Ciclo Otto, estabelecendo o programa de etiquetagem veicular.

7.1.2 PROCEDIMENTO DE TESTE E METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO

Os procedimentos padronizados para os ensaios dos veículos do PBEV são realizados de acordo com a norma ABNT NBR 7024 “Medição do Consumo de Combustível de Veículos Rodoviários Automotores Leves”, que prescreve o método para a medição do consumo de combustível de veículos rodoviários leves, através de ciclos de condução desenvolvidos em dinamômetro de chassi, os quais simulam o uso dos veículos em

trânsito urbano¹⁴⁷ e de estrada (figura 7.1). A medição da autonomia por litro de combustível em km/l (etanol e gasolina) ou km/Nm³ (GNV) é feita a partir do método por balanço de carbono¹⁴⁸.

Para o ano de 2010, o INMETRO decidiu adotar um fator de ajuste visando adequar as estimativas de consumo de combustível, de acordo com os ajustes realizados pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA)¹⁴⁹. Estes ajustes permitem que o consumidor brasileiro tenha uma informação mais próxima da autonomia por litro em condições reais de uso do automóvel, mantendo a comparação relativa entre os veículos¹⁵⁰.



(a)

¹⁴⁷O ciclo de condução urbano definido na norma NBR 7024 é o mesmo usado nas medições controladas das emissões veiculares que segue a norma NBR 6601 (NOGUEIRA e BRANCO, 2005).

¹⁴⁸Método por balanço de carbono consiste na determinação do consumo de combustível a partir das massas de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, dióxido de carbono e de etanol emitidas pelo motor do veículo durante os ciclos de condução.

¹⁴⁹Até 2007, somente os testes em estrada e em cidade eram considerados para as estimativas da autonomia por galão pela EPA. A partir de 2008, três novos testes estão sendo utilizados para ajustar estas estimativas considerando velocidades mais altas e rápidas acelerações, uso de ar-condicionado, e uso do veículo em ambientes de baixas temperaturas (EPA, 2010).

¹⁵⁰Os valores medidos nos ensaios de laboratório de acordo com a norma NBR 7024 continuarão a ser utilizados para comparação e classificação da eficiência energética dos veículos em cada categoria.

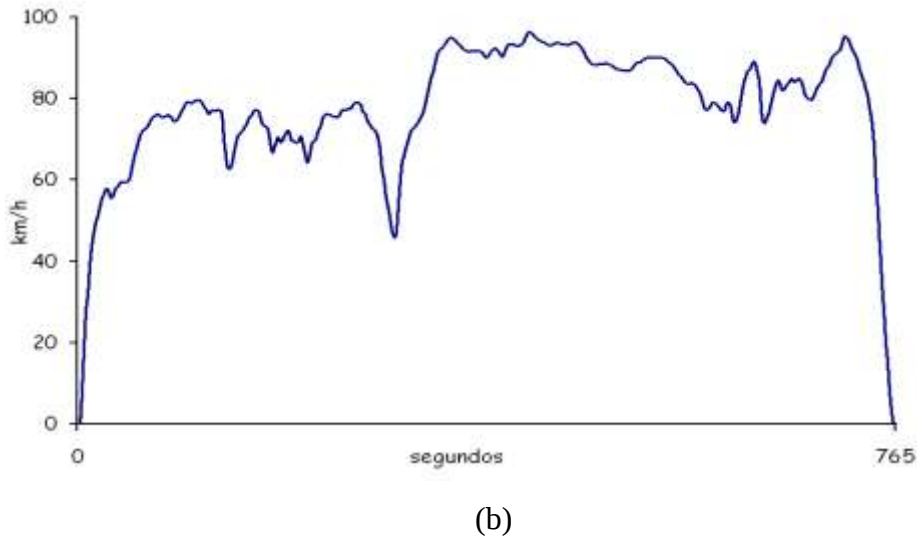


Figura 7-1: Ciclos de condução: na cidade (a) e na estrada (b)

Fonte: CARVALHO (2008)

A definição das faixas de consumo energético e a classificação dos veículos são obtidas por critérios estatísticos e variam segundo os dados declarados pelas montadoras, bem como pela quantidade de veículos em uma mesma categoria. O consumo energético é calculado pela média do consumo dos veículos na estrada e na cidade (autonomia combinada de combustível) com os diferentes combustíveis, convertidos para unidades de energia em MJ/km de acordo com sua densidade e poder calorífico do combustível (tabela 7.1). A autonomia combinada (a_{com}) é a média ponderada das autonomies de combustível urbano (A_{urb}) e em estrada (A_{est}), calculada pela equação 7.1.

$$A_{com} = \frac{1}{\frac{0,55}{A_{urb}} + \frac{0,45}{A_{est}}} \quad (\text{Eq. 7.1})$$

Para obter o consumo energético do veículo em MJ/km (C_e), divide-se o valor da densidade energética (D_e) de cada combustível pelo valor da autonomia combinada (A_c), de acordo com a equação 7.2:

Consumo Energético (C_e)

$$C_e = \frac{D_e}{A_c} \quad (\text{Eq.7.2})$$

Tabela 7-1: Características físico-químicas dos combustíveis

	E00*	E22**	E100***	GNV	
Poder calorífico (MJ/kg)	43,06	38,92	24,80	MJ/kg	48,74
Densidade (kg/L)	0,735	0,745	0,810	kg/Nm ³	0,723
Densidade energética (MJ/L)	31,65	28,99	20,09	MJ/Nm ³	35,24

Fonte: INMETRO (2008)

Notas: * Gasolina A (veículos importados), ** Gasolina C, ***E100 (Álcool etílico hidratado)

As faixas de consumo energético dos veículos (A até E) são definidas a cada ano. Desta forma, a eficiência energética média dos veículos de uma categoria no ano seguinte poderá ser melhor ou pior do que a do ano anterior, dependendo dos veículos que participarem do cálculo da mediana¹⁵¹ da distribuição do consumo energético, o qual determinará as larguras das faixas de classificação (figura 7.2).

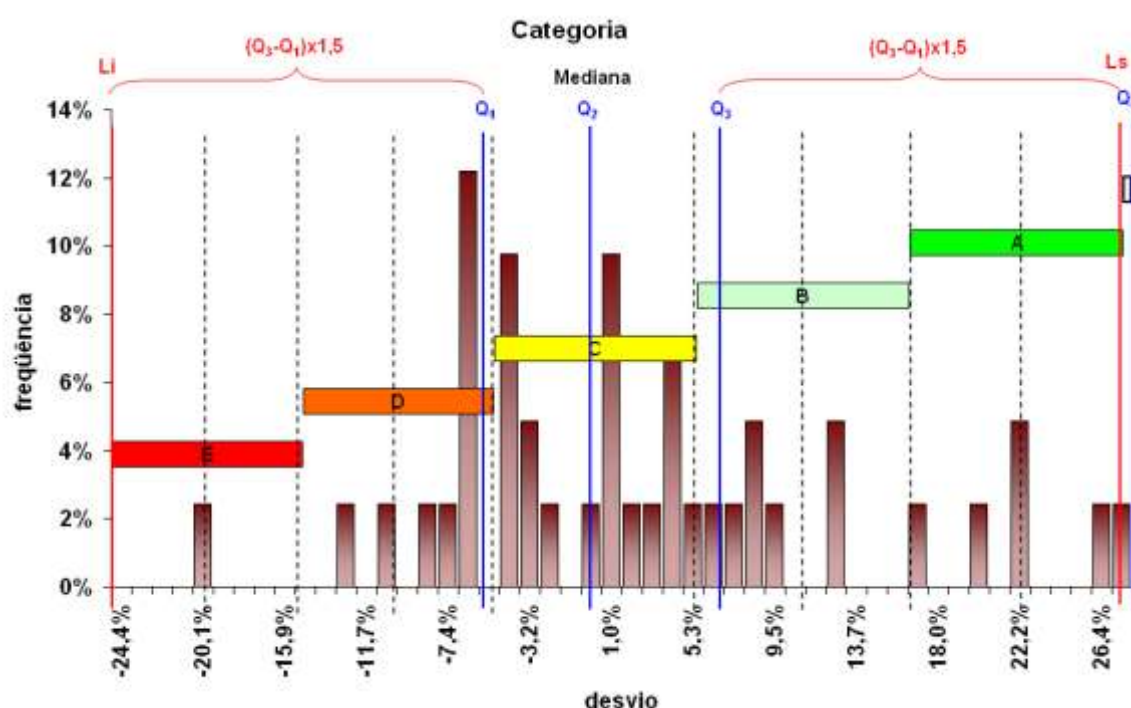


Figura 7-2: Histograma de distribuição do consumo energético

Fonte: CARVALHO (2008)

¹⁵¹ Para cada categoria de veículos, o valor da mediana dos valores de consumo é determinado, e em seguida calcula-se para cada veículo a variação percentual de consumo energético abaixo ou acima da mediana atribuindo-lhes valores negativos e positivos, respectivamente (INMETRO, 2008).

7.1.3 PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O PBEV apresenta um sistema comparativo relativo de classificação dos veículos quanto à eficiência energética. Os veículos são agrupados em oito categorias, das quais quatro se baseiam no uso do veículo: esportivo, fora-de-estrada, comercial leve e veículo de carga derivado de veículo de passageiro; e as outras quatro são classificadas conforme o tamanho da área projetada do veículo no solo¹⁵²: sub-compacto, compacto, médio e grande.

A divisão dos veículos em categorias é própria dos programas comparativos relativos de etiquetagem, que geralmente apresentam um parâmetro de comparação para toda a frota, tais como peso, capacidade volumétrica do motor, tamanho, potência, volume interno, etc. No PBEV, o parâmetro baseado no tamanho foi escolhido para classificar as categorias de veículos mais leves do mercado, enquanto os mais pesados são comparados de forma independente nas categorias carga derivado de veículo de passageiro, comercial leve e fora-de-estrada. Conforme o capítulo 4 mostrou, estes veículos são usados predominantemente como carros de passeio¹⁵³. Adicionalmente, os carros esportivos não estão classificados conforme o parâmetro de classificação dos veículos de passageiro. A tabela 7.2 apresenta as definições do regulamento do programa de etiquetagem para as quatro categorias baseadas no uso do veículo.

¹⁵² Definido como o produto do comprimento máximo pela largura máxima, excluindo-se os espelhos retrovisores externos, eventuais saliências dos pára-choques e o conjunto de roda e pneu sobressalente quando afixado externamente.

¹⁵³ Conforme visto no capítulo 4, a divisão dos veículos em duas categorias distintas, estabelecidas pelo programa CAFE, nos Estados Unidos, estimulou a fabricação de veículos comerciais leves utilizados como carros de passeio, contribuindo, assim, para a diminuição da eficiência média da frota americana. Os SUVs, minivans e picapes foram classificados na categoria *light trucks* (comerciais leves), atendendo a um padrão mais baixo de consumo de combustível (MACKENZIE et al, 2005).

Tabela 7-2: Definições das categorias baseadas no uso do veículo

Categoria PBEV	Definição PBEV	Definições Resolução CONAMA 15/95 (artigo 1º)	Segmento no mercado automotivo brasileiro
Veículo de carga derivado de veículo de passageiro	Veículo para transporte de carga derivado de um veículo de passageiros, conforme o art. 1º, §1º da Resolução CONAMA 15/95.	§ 1º: Veículo automotor com massa total máxima autorizada até 3856 kg e massa do veículo em ordem de marcha até 2720 kg, projetado para o transporte de até 12 passageiros, ou seus derivados para o transporte de carga.	Picapes compactas e Pequenos furgões
Veículo comercial leve, exceto para uso fora-da-estrada	Veículo comercial conforme o art. 1º, §2º da Resolução CONAMA 15/95, excetuando-se os veículos com característica especiais para fora de estrada	§ 2º: Veículo automotor não derivado de veículo leve de passageiros com massa total máxima autorizada até 3856 kg e massa do veículo em ordem de marcha até 2720 kg, projetado para o transporte de carga, ou misto ou seus derivados, ou projetado para o transporte de mais que 12 passageiros, ou ainda com características especiais para uso fora de estrada.	SUVs, camionetes e Veículos utilitários
Veículo com características especiais para uso fora de estrada	Veículo conforme o art. 1º, §3º da Resolução CONAMA 15/95.	§ 3º: Veículo que possui tração nas quatro rodas e no mínimo quatro das seguintes características: - ângulo de ataque mínimo 25°; - ângulo de saída mínimo 20°; - ângulo de transposição de rampa mínimo 14°; - altura livre do solo, entre os eixos, mínimo de 200 mm; - altura livre do solo sob os eixos dianteiro e traseiro mínimo de 180 mm.	Grandes Picapes
Veículo Esportivo	Veículos com até 4 assentos, dotado de motor com potência mínima de 140 kW, com relação potência /massa mínima de 75 kW/100 kg e capacidade de acelerar em 3ª marcha de 50 a 61 km/h em no máximo 20 m (norma ECE R-51).	Não apresenta definição.	Carros de passeio esportivos

Fonte: INMETRO (2008); CONAMA (1995).

Conforme a tabela 7.2, os segmentos de mercado de picapes compactas, SUVs, fora-de-estrada, picapes grandes e carros esportivos são excluídos da classificação por tamanho, e freqüentemente são utilizados no Brasil como carros de passeio. Assim, este tipo de divisão dos veículos diminui a capacidade do consumidor de identificar que os modelos de uma categoria superior de tamanho e peso são geralmente menos eficientes que os modelos de uma categoria inferior.

Além disso, os limites das áreas das quatro categorias de veículos de passageiros abrangem zonas comuns, em decorrência da margem de $\pm 0,10 \text{ m}^2$ (tabela 7.3). Desta forma, a montadora pode escolher a categoria mais conveniente para mostrar determinado modelo, caso este se encontre dentro do intervalo comum a duas categorias. Isso permite que um carro classificado como menos eficiente em uma categoria inferior (classificação D ou E, por exemplo), fique com uma classificação melhor na categoria superior de tamanho. No ano de 2009, isso aconteceu com alguns veículos, tais como o Gol (Volkswagen) e o Linea (Fiat) que tiveram a oportunidade de apresentar uma classificação melhor em uma classe superior de tamanho¹⁵⁴(NOVGODECEV, 2009).

Tabela 7-3: Limite da área de cada categoria

Categorias	Área nominal do automóvel	Limites das categorias (Incorporando $\pm 0,10 \text{ m}^2$ de tolerância)
Sub-compacto	$\leq 6,5 \text{ m}^2$	$\leq 6,6 \text{ m}^2$
Compacto	$6,5 \text{ m}^2 \leq x \leq 7,0 \text{ m}^2$	$6,4 \text{ m}^2 \leq x \leq 7,1 \text{ m}^2$
Médio	$7,0 \text{ m}^2 \leq x \leq 8,0 \text{ m}^2$	$6,9 \text{ m}^2 \leq x \leq 8,1 \text{ m}^2$
Grande	$\geq 8,0 \pm 0,10 \text{ m}^2$	$\geq 7,9 \text{ m}^2$

Fonte: INMETRO (2008)

¹⁵⁴ Entrevista gravada com Alexandre Novgorodecev em 10/05/2009.

De acordo com o regulamento do PBEV, a montadora não é obrigada a informar os valores de consumo energético de toda a sua frota, mas um mínimo de 50% dos seus veículos¹⁵⁵. Isso permite apenas a visualização dos carros mais econômicos da frota da montadora, bem como a possibilidade de ocultar as informações de consumo de combustível dos seus carros menos eficientes. A montadora que aderir ao programa também tem a opção de não participar no ano seguinte. Nesse sentido, como a adesão do fabricante pode ser renovada a cada ano, a GM não aderiu ao programa em 2010, mas participou¹⁵⁶ do PBEV em 2009.

Por último, a montadora não é obrigada a etiquetar o veículo no ponto de venda.

7.1.4 LAYOUT E CONTEÚDO DA ETIQUETA

O *layout* da etiqueta veicular do PBEV é derivada das atuais etiquetas de produtos eletrodomésticos, apresentando cinco barras coloridas que correspondem as faixas de consumo energético (A, B, C, D, E), de forma que a faixa “A” apresenta o menor consumo e a faixa “E” o maior consumo. Este layout é familiar ao consumidor brasileiro, que geralmente compara o consumo energético dos eletrodomésticos por esse sistema.

O conteúdo (informacional) da etiqueta apresenta dados de fácil compreensão: o ano em que a comparação dos veículos de mesmo ano-modelo foi realizada, a categoria do veículo no programa, a identificação do veículo (MMMT¹⁵⁷ e a versão do modelo) e o valor da autonomia por litro na cidade e na estrada em km/l ou km/Nm³. A etiqueta também inclui a informação de que os valores de referência do consumo em cidade e em estrada foram obtidos em laboratório e podem não ser repetidos pelo usuário. Esta ressalva é importante, já que diversos fatores influenciam o consumo de combustível, tais como estado de conservação do veículo, calibragem dos pneus, excesso de peso, qualidade do combustível, maneira de condução do veículo, condições adversas da via, e outras variáveis. A figura 7.3 apresenta o *layout* da etiqueta conforme o combustível utilizado.

¹⁵⁵ Cujas previsões de vendas anuais sejam maiores que cem unidades quando importados ou maiores que duas mil unidades para os veículos produzidos no âmbito do Mercosul ou países que mantenham acordos automotivos com o Brasil.

¹⁵⁶ Mas não afixou a etiqueta no ponto de venda.

¹⁵⁷ MMMT - Marca da montadora, Modelo, Motor e Transmissão do veículo.

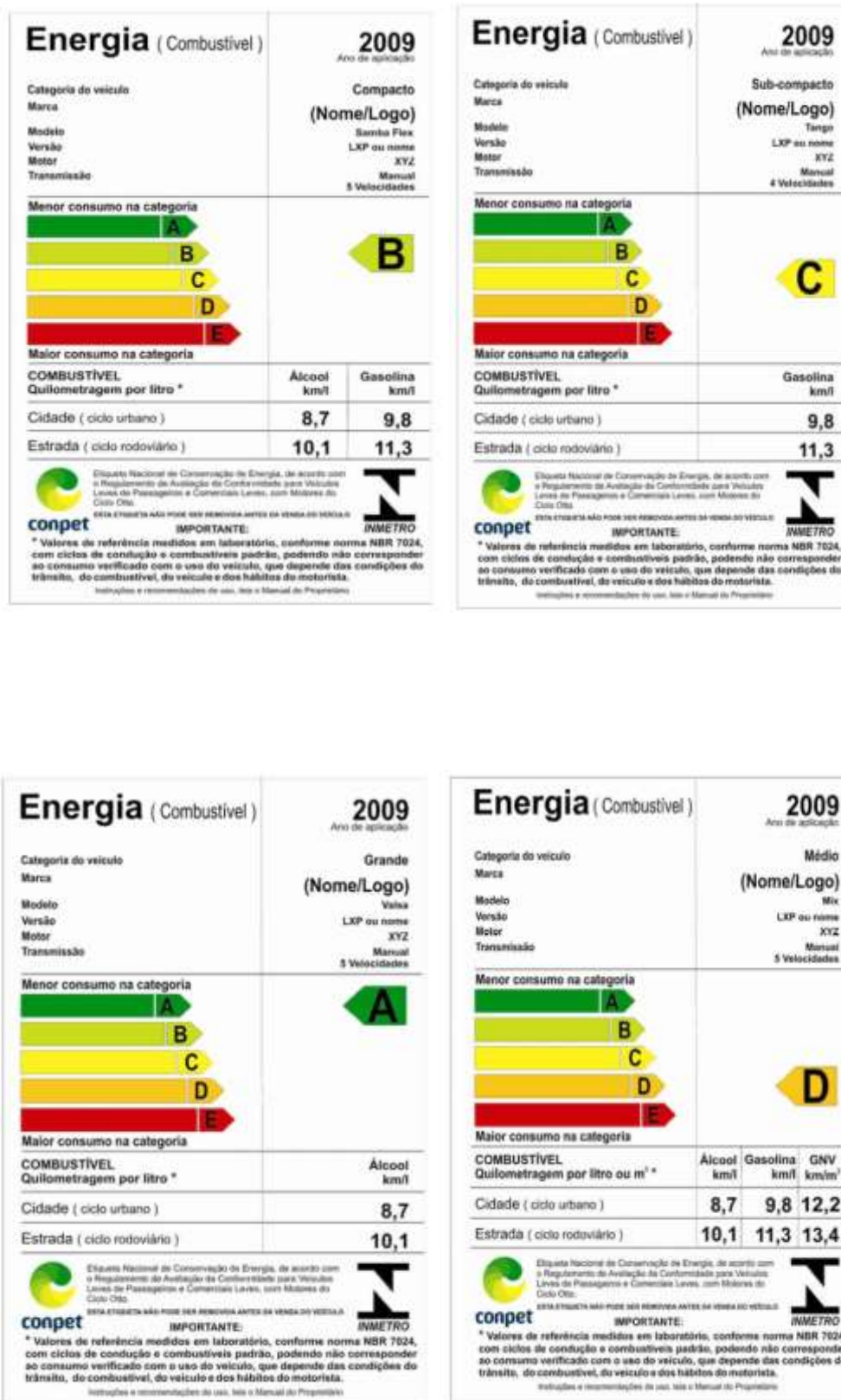


Figura 7-3: Modelos da etiqueta do PBEV

Fonte: IMETRO (2008).

7.1.5 IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA

Sob a coordenação do INMETRO, o PBEV foi implementado em 2009, contando com a participação de cinco montadoras: GM, Volkswagen, Fiat, Honda e Kia. Foram apresentados os dados das autonomias por litro de 31 modelos, e dentre estes, 24 modelos puderam ser classificados em duas categorias: sub-compacto e compacto. Somente a Kia participou efetivamente do programa, afixando a etiqueta em dois modelos no ponto de venda.

No segundo ano de aplicação (2010), o PBEV contou com a adesão de seis fabricantes – Volkswagen, Fiat, Honda, Kia, Toyota e Renault, os dois últimos recém-inscritos.

A colaboração das montadoras é um fator fundamental para alcançar o objetivo de um programa de etiquetagem, já que um número significativo de veículos precisa ser etiquetado para que o consumidor possa escolher um veículo eficiente.

A tabela¹⁵⁸ de 2010 apresentou 67 classificações (INMETRO, 2010). Porém, algumas destas classificações são informações que aparecem de forma repetida na tabela. Por exemplo, as versões do Pálio ELX 2P (duas portas) e ELX 4P (quatro portas) são intituladas¹⁵⁹ na tabela como modelos, porém são versões que apresentam o mesmo MMT, igual valor de autonomia por litro, e inclusive possuem todas as especificações técnicas iguais no site da montadora. Isso acontece com outras marcas¹⁶⁰.

De acordo com o regulamento do PBEV, o fabricante deve encaminhar, até dia 31 de agosto de cada ano de aplicação do programa, a planilha de especificações técnicas contendo os resultados das autonomias por litro dos veículos que foram ensaiados. Excepcionalmente no primeiro ano de aplicação do programa¹⁶¹ (2009) a classificação de uma categoria de veículos poderia ser realizada a partir de, no mínimo, 10 MMT. De acordo com a tabela de 2010 do PBEV, esta regra não foi mais aplicada, e algumas categorias apresentaram um número ainda menor de veículos classificados em 2010. Por exemplo, as categorias dos veículos carga derivado e fora de estrada possuem, respectivamente, nove e três classificações, e a categoria comercial leve apresenta somente uma classificação na tabela.

¹⁵⁸ As tabelas do programa de etiquetagem de 2010 e 2009 são apresentadas no Anexo B.

¹⁵⁹ A tabela de 2010, por exemplo, mostra que há 12 modelos em 14 versões (INMETRO, 2010).

¹⁶⁰ Mille Fire Economy 2P e 4P, Mille Way economy 2P e 4P, Clio Campus 3P e 5P, entre outros.

¹⁶¹ No primeiro ano do programa os dados puderam ser entregues até dia 31 de abril.

O terceiro ano de aplicação do PBEV ocorrerá em 2011 e, provavelmente, apresentará um número maior de modelos classificados. De acordo com as entrevistas realizadas com integrantes das principais instituições¹⁶² que formularam o programa, o PBEV ainda está em fase de elaboração e ocorrerão algumas mudanças nos próximos anos. Segundo a perspectiva do INMETRO e CETESB, o programa não terá efeitos no curto prazo, pois a conscientização do consumidor sobre os benefícios da economia de combustível, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental levará tempo. Esta resposta está de acordo com a análise realizada no capítulo 5 sobre a leniência na obtenção de resultados dos programas de etiquetagem em alguns países europeus. Entretanto, para que a conscientização do consumidor ocorra no médio e longo prazo, é preciso que a população tome conhecimento da certificação dos veículos, e que a etiqueta esteja no ponto de venda o quanto antes.

O programa de etiquetagem deveria ter sido amplamente divulgado antes de entrar em vigor a fim de obter o apoio necessário de associações de consumidores, imprensa especializada e consumidores diretos. WIEL E MCMAHON (2005) ressaltam que promoção do programa de etiquetagem na mídia especializada e a publicação de guias de eficiência energética em *websites* criados especialmente para esta finalidade são fundamentais para o aumento da visibilidade do programa.

Até julho de 2010, houve pouca divulgação do PBEV. O guia de eficiência energética não está disponível online e no ponto de venda, e somente a tabela de eficiência energética está sendo divulgada nos sites do INMETRO e CONPET.

7.1.6 CAPTURA DO REGULADOR

A Economia da regulação justifica a intervenção governamental em um setor industrial a fim de maximizar o bem estar social, tendo em vista a correção de uma falha de mercado (BOEHM, 2007). De acordo com a Teoria da Captura¹⁶³, o regulador encarregado de defender o interesse público, atuaria no decorrer do tempo em favor de um dos grupos envolvidos no processo regulatório (LAFFONT e TIROLE, 1991). Este é um dos problemas apontados na literatura relacionados à função normativa

¹⁶² INMETRO, ANFAVEA, CONPET e CETESB.

¹⁶³ A questão da captura regulatória é analisada na literatura da regulação da Economia Industrial como sendo a captura das instituições reguladoras do Estado por interesses privados (BOEHM, 2007; LAFFONT e TIROLE, 1991).

desempenhada por uma instituição encarregada da regulação. Desta forma, a agência pública encarregada de regulamentar um programa governamental deve garantir a sua equidistância em relação aos agentes envolvidos, de maneira a dificultar a sua captura por qualquer área de interesse.

No caso do PBEV, verificou-se que o INMETRO não apresentou a devida imparcialidade diante dos agentes envolvidos, dado que algumas informações não deveriam ter sido fornecidas às montadoras antes da publicação da tabela de consumo do ano de 2009. De acordo com as informações obtidas na pesquisa de campo, para convencer um maior número de empresas associadas à ANFAVEA a participar do programa de etiquetagem em 2009, as montadoras receberam do INMETRO os dados de consumo das outras empresas¹⁶⁴. Assim cada montadora pôde prever a sua classificação no programa e escolher previamente os modelos que poderiam se destacar. Adicionalmente, isso também pode ter influenciado algumas montadoras a não participar do programa devido à menor eficiência energética de seus modelos.

Esta situação retrata um exemplo de captura do regulador, na medida em que a divulgação destas informações se mostra contrária ao alcance dos objetivos do programa, assim como dos interesses dos consumidores.

A assimetria de informações é observada claramente entre os agentes envolvidos no processo regulatório do PBEV. De um lado, as montadoras dispõem das informações do consumo de combustível e acesso direto a agência reguladora, enquanto os consumidores representam um grupo heterogêneo, que dispõem de pouca informação, sem condições de escolha quanto ao carro mais eficiente.

A partir das entrevistas realizadas com as instituições que promoveram o PBEV, verificou-se também a grande influência das montadoras no processo de sua elaboração. Pode-se observar que algumas regras que enfraquecem significativamente o programa foram adicionadas visando à aprovação pela ANFAVEA do regulamento do PBEV. Duas delas foram analisadas na seção 7.1.3 – a opção de apresentar 50% dos MMT de sua frota e a margem de tolerância entre as faixas de classificação.

¹⁶⁴ A partir de uma lista que não identificava os nomes dos modelos, que foram mostrados através de códigos (NOVGORODCEV, 2009).

7.2 PESQUISA DE CAMPO JUNTO AS MONTADORAS

Tendo em vista que o comprometimento das montadoras é um fator essencial para o êxito do programa de etiquetagem, foi realizada uma pesquisa de campo contemplando as oito maiores montadoras do país, visando identificar as dificuldades da adesão no programa, o impacto do PBEV no desenvolvimento futuro de novos modelos, a visão das empresas quanto ao regulamento do programa e a perspectiva de introdução de tecnologias já adotadas nos países de origem destas empresas.

A pesquisa de campo realizada entre junho e setembro de 2009, consistiu na aplicação de um questionário com vinte perguntas e entrevistas com representantes das áreas de certificação e/ou engenharia da Fiat, Volkswagen, General Motors, Ford, PSA, Renault, Honda e Toyota. O questionário foi formulado de forma simplificada devido à dificuldade de retorno das respostas aos questionários enviados anteriormente (até maio de 2009). Porém durante a entrevista foi possível obter mais informações sobre os tópicos abordados no questionário, além de outras informações referentes à possibilidade do PBEV induzir a inovação no mercado automotivo brasileiro. O questionário, o número de entrevistas realizadas e a relação dos cargos dos entrevistados das montadoras podem ser vistos no anexo A.

7.2.1 VISÃO DAS MONTADORAS SOBRE O REGULAMENTO DO PBEV

De uma maneira geral, a visão das montadoras sobre o regulamento do PBEV é positiva. Cinco montadoras entrevistadas apontaram que o PBEV foi elaborado de forma correta. Os pontos positivos mais citados referem-se à conversão do valor de consumo de combustível para uma unidade de energia, facilitando a comparação entre vários tipos de combustível, o fato de o programa ser voluntário e a oportunidade de marketing que o programa proporciona para as empresas que possuem os carros mais econômicos. O ponto negativo que foi mencionado com mais frequência foi a presença da faixa de tolerância entre as categorias elegíveis por área.

Seis montadoras consideram que o programa ajudará a melhorar a imagem das empresas participantes e aumentar a competição entre as empresas. Segundo integrantes do INMETRO e da CETESB, o PBEV já influenciou o lançamento de dois modelos mais eficientes no mercado, que obtiveram classificação A no programa – o Fiat Uno

Economy e o Polo Blue Motion. Com exceção da Fiat, as entrevistas indicaram que não houve desenvolvimento tecnológico por parte das montadoras visando melhorar a classificação dos veículos no programa.

A Fiat confirmou que a introdução do seu modelo está relacionada ao PBEV, mas o integrante da Volkswagen informou que nenhum modelo de sua empresa ou tecnologia foi introduzido em decorrência do programa. Conforme um representante de outra montadora concorrente, os dois modelos não foram desenvolvidos visando uma boa classificação no programa, pois já faziam parte de uma estratégia mercadológica das empresas. Porém, acertadamente, tais montadoras souberam aproveitar o PBEV como uma oportunidade de marketing a partir de 2009.

Duas empresas consideram que o caráter voluntário do programa é um fator positivo do PBEV. Entretanto, uma empresa mencionou que a falta de obrigatoriedade da participação dos fabricantes cria margens para omissões e distorções do real propósito do programa. As entrevistas mostraram que três montadoras justificaram a não adesão justamente pelo fato de o PBEV ser voluntário.

Duas montadoras do grupo das *newcomers* apontaram erros no regulamento do PBEV quanto ao método de comparação dos veículos. Para estas empresas, o sistema de comparação deveria ser absoluto como no sistema europeu de etiquetagem, bem como a margem de tolerância referente ao tamanho do veículo de passageiro não deveria abranger zonas comuns de tamanho. Neste sentido, a montadora que dispõe de modelos com dimensões semelhantes, pode escolher a categoria mais conveniente para classificar seu veículo, caso este se encontre dentro do intervalo comum a duas categorias. Isso acontece com as montadoras de maior porte, que dispõem de modelos de tamanhos semelhantes em algumas categorias.

7.2.2 OBSTÁCULOS PARA A ADESAO

O questionário investigou se existem dificuldades para a adesão das montadoras ao PBEV. Sete montadoras afirmaram que o programa apresenta obstáculos que dificultam a participação no PBEV. Os obstáculos apontados foram: tempo insuficiente para o aperfeiçoamento tecnológico dos modelos, dificuldades para a realização dos testes de

consumo nos veículos e a possibilidade de responder a processos jurídicos movidos por consumidores a respeito do consumo de combustível.

Apenas um fabricante considera que não há dificuldade para a adesão, e que a participação no programa é uma questão de estratégia da montadora. Três montadoras mencionaram que os fabricantes estão analisando em quais categorias seus carros podem se destacar, pois não há vantagem de mostrar os modelos que não terão chance de obter boa classificação.

O representante da ANFAVEA afirmou que o programa foi implantado precocemente em abril de 2009, e assim não houve tempo suficiente para a introdução de tecnologias que otimizassem a eficiência energética dos veículos, visando à melhoria da classificação da montadora no programa. Como o PBEV vem sendo elaborado desde 2005, em conjunto com a ANFAVEA, tal justificativa de falta de tempo pode não ser a mais apropriada, mas sim a falta de motivação das montadoras quanto à introdução de um programa voluntário, flexível quanto à afixação da etiqueta e com pouca divulgação para o consumidor.

Um integrante da CETESB confirmou a dificuldade de realização dos testes de consumo dos veículos, devido ao atendimento dos veículos à fase L5 do PROCONVE. “Isso dificultou a realização dos testes de consumo dos veículos, pois demandou mais tempo do uso do laboratório” (BALES, 2009). Duas montadoras justificaram a não adesão devido a este motivo em 2009.

Segundo o representante da ANFAVEA, o PROCONVE e o PBEV são programas contraditórios. “No caso do PROCONVE é avaliado o pior veículo (versão do veículo mais poluente de cada família). No caso do PBEV, o interesse é diferente, e os piores veículos não devem ser avaliados, e para as montadoras, isso não é uma coisa simples de se medir” (JOSEPH, 2009).

Neste sentido, cabe destacar que o país já dispõe de uma capacidade instalada de laboratórios privados acreditados pelo INMETRO, bem como as grandes montadoras possuem seu próprio laboratório de testes. Além disso, ambos os programas utilizam a mesma instrumentação para a realização dos testes de emissões e consumo dos veículos. Duas montadoras consideram que o questionamento das informações de consumo pelo consumidor é uma questão que dificulta a participação das montadoras no PBEV, em decorrência dos danos gerados pelas denúncias a imagem da empresa.

Para corrigir tal problema, o INMETRO ajustou as estimativas de consumo obtidas nos ensaios em laboratório, conforme os ajustes realizados nos testes realizados nos veículos

norte-americanos. Como já mencionado anteriormente, a própria etiqueta informa que o consumo percebido pelo motorista pode variar conforme as condições de uso do veículo. Além disso, o regulamento do programa estabelece critérios detalhados para a averiguação da denúncia do consumidor, que deverá ser analisada pelo INMETRO.

7.2.3 INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS

Segundo as entrevistas, o programa de etiquetagem brasileiro é visto pela indústria automobilística como um fator que estimulará o desenvolvimento tecnológico em função da maior demanda do consumidor por carros mais econômicos, e conseqüente competição entre as montadoras para oferecer o veículo mais eficiente. A tabela 7.4 mostra as tecnologias e aperfeiçoamentos com maior chance de serem aplicadas no curto (3 anos) e médio prazo (6 anos) em vários segmentos do mercado:

Tabela 7-4: Difusão das tecnologias automotivas pesquisadas no mercado brasileiro

Tecnologias	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
<i>Downzinsing e Supercharging</i>		X	
Injeção Direta		X	
HCCI –Ignição por Compressão de Carga Homogênea		X	
Desativação de cilindros			X
Razão de compressão variável		X	
Motor sem árvore de Cames			X
Comando Variável de Válvula	X		
Transmissão variável contínua	X		
Transmissão automática em seis velocidades		X	
Redução do coeficiente aerodinâmico	X		
Redução da resistência de rolamento	X		
Redução da massa do veículo	X		
Partida integrada/gerador (ISG).		X	
Sistema elétrico do veículos (≥ 42)		X	
Melhorias no ar condicionado	X		

Fonte: Elaboração a partir das entrevistas

De acordo com as entrevistas, ainda não há planos de difundir tecnologias mais avançadas no curto e médio prazo na frota brasileira. O *downsizing* do motor e *supercharging*, injeção direta, *Homogeneous Charge Compression-Ignition* (HCCI), desativação de cilindro, motor sem árvore de cames, razão de compressão variável, poderão estar à disposição do consumidor brasileiro em carros importados, que representarão poucas vendas. Cabe ressaltar que algumas destas tecnologias estão começando a ser aplicadas atualmente no mercado externo. Outras tecnologias já estão difundidas, como a injeção direta, que consta em praticamente todos os novos automóveis da Fiat fabricados na Europa. Até 2013, a Ford disponibilizará esta tecnologia em 80% da frota da empresa no mercado norte-americano.

Algumas tecnologias como controle variável de válvula, variador do tempo de válvula, transmissão automática em seis velocidades, transmissão eletro-hidráulica, câmbio duológico já são encontradas em alguns veículos no Brasil, mas somente em modelos com maior margem de lucro e com pouca representatividade na frota. As tecnologias presentes em dois automóveis que têm sua campanha de marketing baseada na economia de combustível são apresentadas na tabela 7.5:

Tabela 7-5: Exemplos de aperfeiçoamentos na eficiência energética
nos modelos da Fiat e Volkswagen

Modelo/ Montadora	Ganho em eficiência energética ¹⁶⁵	Autonomia por litro (km/l)				Tecnologias e aperfeiçoamentos na redução do consumo ¹⁶⁶
		Ciclo urbano		Ciclo estrada		
		E100	E22	E100	E22	
Uno Mille Fire Economy 1.0/Fiat	Cerca de 10%	8,8	12,4	9,9	14,6	Aperfeiçoamento do sistema de injeção de combustível (injeção seqüencial de combustível na partida); Pneus verdes; Alongamento da quinta marcha; Lubrificante com menor viscosidade; Medidor do consumo de combustível.
Polo Blue Motion/VW	Cerca de 15%	7,4	10,7	10,7	15,0	Relação de transmissão alongada; Relação total (diferencial x marcha) da quinta marcha alongada em 21,6%; Aperfeiçoamentos na aerodinâmica (grades frontais, spoiler inferior nos para-choques dianteiro e traseiro, <i>claddings</i> laterais, aerofólio; Pneus verdes; Direção assistida (sistema eletro-hidráulico); Roda de liga leve com peso reduzido.

Fonte: TABELA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PBEV ANO 2010

¹⁶⁵ Em relação aos modelos anteriores do Uno da Fiat e Polo da Volkswagen.

¹⁶⁶ Dados obtidos na apresentação de Carlos Eugênio Dutra da Fiat e José Loureiro da Volkswagen, no Simpósio Novas Tecnologias Automotivas, promovido pela SAE Brasil em junho de 2009.

As montadoras justificam a atual defasagem tecnológica na maioria dos veículos vendidos no Brasil por dois motivos principais. O primeiro em função do custo do desenvolvimento tecnológico, e conseqüente aumento do preço do veículo, em um mercado que é voltado para carros populares. Segundo as montadoras, atualmente a introdução destas tecnologias não é lucrativa na maioria dos segmentos, principalmente nos modelos populares.

O segundo motivo é que, em geral, o consumo de combustível não é um critério importante na decisão de compra de um veículo. Segundo as montadoras, o preço, conforto, tamanho, *design* e potência são mais atrativos para o consumidor brasileiro. Desta forma, a prioridade de introdução no mercado se volta para as tecnologias que aumentam a potência, torque, segurança e conforto dos motoristas, tais como espaço e conectividade¹⁶⁷.

Neste sentido, PLOTKIN (2007) ressalta que geralmente os consumidores não avaliam a economia gerada no longo prazo do menor consumo de combustível dos carros mais eficientes. A aversão dos consumidores a gastos no curto prazo tende a fazer com que eles tenham receio de pagar o preço prêmio de um carro mais eficiente. Por sua vez, os fabricantes não arriscam investimentos que poderão não ser amortizados por falta da demanda do mercado consumidor por tais melhoramentos.

O preço do etanol na bomba¹⁶⁸ de combustível é outro fator que não incentiva o consumidor a priorizar a eficiência energética na sua decisão da compra de um veículo. Esse fato confirma a conclusão de DIAMOND (2009) e GREENE et al (2005) de que o preço do combustível representa o sinal mais visível para o consumidor interessado na economia de combustível. Nos Estados Unidos, por exemplo, uma mudança significativa nos hábitos dos consumidores norte-americanos foi observada quando o preço da gasolina atingiu US \$ 4,00 por galão em 2008, devido a alta do preço do petróleo. A influência do preço do combustível ocorre em vários países desenvolvidos, principalmente na União Européia devido ao sistema tributário, que onera significativamente o preço do combustível.

A opinião das montadoras ficou dividida em relação à categoria do PBEV que terá maior desenvolvimento tecnológico visando à redução do consumo. As maiores montadoras apontaram maior adição de tecnologias nos carros compactos e

¹⁶⁷ Sistema de navegação , interconectividade entre o motorista e o carro através da tecnologia *bluetooth* e outras tecnologias.

¹⁶⁸ A média de preço por litro do etanol na bomba de combustível (São Paulo) em 2009 foi de R\$ 1,34, enquanto o preço por litro da gasolina foi de R\$ 2,38 (ANP, 2010).

subcompactos, pois são os carros que mais vendem no Brasil e onde há maior competição entre as montadoras. As outras quatro montadoras (com menor *market share*) consideram que as melhorias na eficiência ocorrerão no segmento de carros médios, em decorrência da maior margem de lucro destes veículos e mais facilidade de amortização dos investimentos.

O questionário investigou a introdução do veículo híbrido no Brasil com quatro perguntas. De acordo com as respostas de sete montadoras, há ainda grandes barreiras para a introdução do veículo híbrido e elétrico no Brasil. Porém, as montadoras não descartaram a importação de alguns veículos híbridos para o Brasil, que poderão ser comprados por um número reduzido de consumidores. No entanto, considerando uma grande montadora, não há perspectivas de importação ou montagem destes veículos, e tampouco um programa como o PBEV estimulará tal decisão. Segundo as montadoras, o pouco volume de vendas dos automóveis híbridos inviabiliza economicamente a amortização dos investimentos de importação, assistência técnica ou montagem destes veículos.

A aparelhagem de toda a rede de concessionárias em todas as regiões do país e o treinamento dos mecânicos para a assistência técnica desta tecnologia foi uma dificuldade apontada por seis montadoras.

Para a maioria das montadoras o alto custo de importação das peças e equipamentos encarece a fabricação e importação do veículo. Entretanto, tendo em vista o significativo crescimento das importações de veículos de luxo nos últimos anos, principalmente de SUVs, é possível que o nicho de mercado para os veículos híbridos seja maior do que a perspectiva de vendas revelada pelas montadoras.

As montadoras também apontaram a questão da tropicalização do veículo híbrido. Isto exige melhoramentos na suspensão do carro, adaptação do veículo quanto à diferença e qualidade da composição da gasolina brasileira, que requer adaptações do veículo, quanto à calibração do motor, tratamento anti-corrosão e adequação à legislação de emissões. Porém a tropicalização é feita nos carros importados.

Três montadoras consideram que o veículo flexfuel atrasará a difusão dos automóveis híbridos em decorrência do baixo preço do etanol, que já traz um benefício econômico ao consumidor e ambiental para a sociedade. Porém, a combustão do etanol também gera externalidades, tais como as emissões de poluentes de impacto local, que serão descritas no capítulo 8.

7.2.4 LOCK-IN TECNOLÓGICO DO MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Pela análise das respostas das montadoras nas entrevistas foi detectado que há uma grande barreira e várias dificuldades (apontadas pelas montadoras na seção anterior) para a mudança do padrão dominante de *powertrain*, baseado no motor flexfuel. Todas as montadoras ressaltaram que estão investindo em tecnologias que aumentam o desempenho e a eficiência energética do veículo flexfuel, reconhecendo que há ainda diversos melhoramentos incrementais que podem ser feitos nestes veículos em prol da economia de combustível.

Duas montadoras apontaram a possibilidade da introdução dos automóveis a diesel no Brasil no médio prazo. Entretanto, tais veículos enfrentam problemas de especificação de emissões e a oferta de diesel poderá ser insuficiente para o abastecimento dos veículos leves.

A questão da menor emissão de poluentes pelos veículos flexfuel usando etanol foi mencionada várias vezes nas entrevistas. Quase todas as montadoras consideram que os benefícios da tecnologia flexfuel são mais relevantes para o país do que o aumento da eficiência energética através de novas tecnologias avançadas, devido a sua vantagem de ser um combustível renovável e que possui menor emissão de CO₂.

Algumas empresas mencionaram que a utilização do etanol pode postergar a introdução de novas tecnologias, por seu baixo preço, principalmente em São Paulo, maior centro de consumo do país¹⁶⁹. Foi relatado que o consumidor que deseja economia de combustível prefere abastecer com etanol.

O capítulo 2 abordou a questão do *lock-in* tecnológico, em que uma tecnologia pode permanecer por um longo período no mercado, inibindo o desenvolvimento e a introdução de tecnologias alternativas, mesmo que estas sejam superiores em vários aspectos. Nesta situação, existe pouca motivação da indústria de substituir o padrão de MCI flexfuel devido à amortização dos investimentos, tempo no aprendizado da tecnologia, além da economia de escala de produção, conforme foi visto no capítulo 2.

O *lock-in* desta tecnologia pelo lado do consumidor também é observado, dado que a maioria dos consumidores abastece seus carros flexfuel com etanol (EPE, 2010).

¹⁶⁹ O estado de São Paulo concentra cerca de 33% das vendas de novos veículos leves (ANFAVEA, 2009).

Destarte, o risco de *lock-in* tecnológico da tecnologia flexfuel, (que foi introduzida em 2003 e que começou a efetivamente se difundir em 2005), é uma hipótese que deve ser estudada, principalmente porque a indústria automobilística internacional investe maciçamente em veículos elétricos e híbridos, e também nos veículos a diesel na Europa.

7.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

A partir da realização de uma pesquisa de campo com as principais montadoras instaladas no Brasil, este capítulo avaliou se o Programa de Etiquetagem Brasileiro veicular (PBEV) é uma política eficaz para zelar pela eficiência energética da frota de veículos leves, bem como induzir a introdução de novas tecnologias automotivas em prol da eficiência energética.

Como resultado, este estudo indica que o PBE, a despeito de suas virtudes, é ainda insuficiente para acelerar o ritmo de difusão tecnológica, e também conter a tendência de aumento da intensidade energética da frota de novos veículos leves. As virtudes do PBEV se referem aos seguintes aspectos positivos do programa:

- O layout da etiqueta é capaz de comunicar a informação de forma direta e clara ao consumidor. A indicação da classificação conforme o consumo energético do modelo, com o uso de letras e cores, é justamente o item mais visível da etiqueta, assim como já ocorre com os eletrodomésticos. A clareza da apresentação da autonomia por litro do ciclo urbano e rodoviário também é um ponto positivo.
- A atualização do procedimento de teste foi correta e demonstrou a preocupação do INMETRO em disponibilizar ao consumidor brasileiro uma informação de consumo de combustível mais próxima da realidade atual de operação do veículo.
- O tratamento da denúncia estabelecida no regulamento esclarece de forma detalhada as ações que podem ser tomadas pelo consumidor no caso de algum questionamento sobre os valores da autonomia mostrados na etiqueta. Ao mesmo tempo, o regulamento assegura que a denúncia será analisada pelo INMETRO e minimiza assim os danos à imagem dos fabricantes, em caso de denúncia.

No entanto o PBEV apresenta falhas que precisam ser corrigidas para influenciar a decisão de compra por um veículo mais eficiente. Como foi visto no capítulo 5, o principal objetivo do programa de etiquetagem veicular é informar e conscientizar o consumidor sobre os benefícios econômicos e ambientais dos veículos mais eficientes, e desta forma, influenciá-lo na sua decisão de compra. Como consequência da mudança do padrão de consumo do consumidor, os fabricantes terão maior interesse de direcionar o desenvolvimento tecnológico para as tecnologias que elevam a eficiência energética do veículo. Essa é a situação onde o programa de etiquetagem atinge a sua efetividade. Por outro lado, um programa de etiquetagem mal formulado pode apresentar resultado nulo, ou até mesmo desfavorável à ação pretendida.

O PBEV foi elaborado contendo regras que enfraquecem a efetividade do programa. Primeiramente o programa apresenta quatro tipos de mecanismos voluntários: a possibilidade da montadora de não participar do programa, a etiquetagem de somente 50% da sua frota, a possibilidade de não afixar a etiqueta no ponto de venda e a possibilidade de a montadora não participar ou declarar os dados de consumo no ano seguinte, após a sua adesão ao programa. As entrevistas confirmaram que estas flexibilidades são os maiores responsáveis pela falta de comprometimento das empresas em etiquetar seus veículos no ponto de venda.

A participação dos fabricantes é um fator fundamental em um programa de etiquetagem, já que um número significativo de veículos precisa ser etiquetado para que o consumidor possa escolher um modelo eficiente. Ao contrário do que ocorre com o PBEV, a indústria automobilística tem atendido aos requerimentos dos programas de etiquetagem veicular em vários países, divulgando todas as informações referentes ao veículo.

Esta tese também constatou que a participação das montadoras instaladas no Brasil não é um requisito suficiente para garantir a efetividade do programa que está em vigor. Mesmo que todas as montadoras participem do PBEV, a possibilidade de declarar o consumo de apenas 50% de seus veículos possibilitará que os veículos menos eficientes não sejam classificados. Este fato acontece atualmente em todas as categorias do programa, principalmente nas categorias fora-de-estrada, comercial leve e esportivo.

Além disso, a declaração de 50% da frota do fabricante continua refletindo a falta de transparência no conhecimento dos dados de consumo dos veículos. É inadmissível que um dado básico, como o consumo de combustível, divulgado nos países de origem das montadoras, não seja conhecido pelos consumidores brasileiros, que dependem de revistas especializadas para se informar de tais dados¹⁷⁰. A justificativa desta decisão era a argumentação de que alguns consumidores processavam as montadoras pela diferença do consumo de combustível medido em laboratório e os dados obtidos durante a operação do veículo. Com o regulamento do PBEV e a informação na etiqueta que tal consumo pode não ser obtido, tal argumentação não tem mais fundamento.

O PBEV é direcionado para atingir os veículos leves do ciclo Otto, que, em sua maioria, são utilizados como carros de passeio no Brasil. Neste caso, a comparação absoluta da frota é a forma mais eficaz de indicar os modelos mais eficientes, bem como estimular a compra de veículos de menor peso e tamanho. Apesar da supremacia da venda dos sub-compactos e compactos no Brasil, o perfil da frota de novos veículos é cada vez mais direcionado a automóveis de tamanho maiores, mais pesados e mais potentes, como visto no capítulo 6.

Conforme as entrevistas com as instituições que formularam o programa, os representantes do INMETRO e CETESB justificaram a escolha de um sistema comparativo relativo, pelo motivo de que o consumidor – antes de ir à concessionária – já sabe qual o tamanho de carro que deseja. Segundo o representante do INMETRO, o mesmo acontece quando um consumidor irá comprar um frigobar ou um refrigerador maior de duas portas. Porém, a externalidade que um automóvel causa a sociedade é muito maior que a externalidade produzida com o gasto energético de um refrigerador. As emissões de poluentes de um automóvel causam sérios problemas à saúde da população, principalmente nas metrópoles brasileiras.

Segundo estes representantes, a comparação com outros carros da mesma categoria é eficaz em influenciar o consumidor na escolha dos carros mais eficientes, sendo o melhor sistema a ser adotado. Esta também é a justificativa do governo de outros países que escolheram o sistema comparativo relativo. No entanto, quatro argumentos podem ser colocados neste caso:

¹⁷⁰ Cabe lembrar que as revistas especializadas não seguem necessariamente o padrão de teste oficial brasileiro em dinamômetro de chassi.

- O sistema de comparação relativa adotado possibilita que um carro de uma determinada categoria seja classificado com A, enquanto que outro carro, que em termos absolutos é mais eficiente, seja classificado com D. Isso acontece no PBEV, e desta forma, diminui a capacidade do consumidor de identificar que os modelos das categorias superiores de tamanho são geralmente menos eficientes do que os modelos que possuem menores dimensões.
- Há consumidores que comprem seus veículos comparando-os entre dois segmentos de mercado, o que pode representar duas ou mais categorias do PBEV. A pesquisa de AMANN et al (2007), por exemplo, ressaltou esta tendência por parte dos consumidores norte-americanos, conforme foi apresentado no capítulo 5.
- A faixa de tolerância entre as categorias do PBEV enfraquece a efetividade do programa, já que os carros sub-compactos podem ser classificados na categoria dos compactos, os compactos podem ser classificados como médios, o mesmo acontecendo com estes em relação aos grandes. O programa, desta forma, pode perder credibilidade, na medida em que permite a manipulação pelas montadoras da classificação do veículo que será informada ao consumidor.
- Se a classificação do consumo energético do PBEV for considerada futuramente como base para outras políticas de incentivos (como incentivos fiscais baseados na classificação do consumo energético de A a E), as categorias de veículos que apresentam maior consumo de combustível também serão privilegiados. A maioria destes veículos pertence às categorias de maior tamanho, acessíveis somente à população de renda mais alta.

Desta forma, a divisão em categorias do PBEV torna-se menos eficaz em influenciar os consumidores a comprar carros mais eficientes, sendo apropriado que a comparação seja feita contemplando toda a frota.

Outra questão importante é a divulgação do programa, que tem sido quase inexistente. Conforme mencionado anteriormente, o único instrumento de informação ao

consumidor é tabela de eficiência energética disponível nos sites do INMETRO e CONPET.

As pesquisas de AMANN *et al* (2007), GREENE *et al* (2005), WAHNSCHAFFT e HUH (2001) apontam que geralmente os consumidores fazem suas decisões de compra do veículo antes de visitar o ponto de venda. Desta forma, além da etiqueta, outros meios de divulgação sobre a eficiência energética do veículo devem alcançar o consumidor antes que ele finalize sua decisão de compra. WIEL e MCMAHON (2005) ressaltam que promoção do programa de etiquetagem na mídia especializada e a publicação de guias de eficiência energética em *websites* criados especialmente para esta finalidade são fundamentais para o aumento da sua visibilidade.

Uma iniciativa que apresenta boa repercussão para o programa compreende a criação e a manutenção de um site específico do PBEV, que contemple informações presentes na etiqueta veicular. Este site pode dispor de vários recursos que podem ajudar o consumidor a escolher um veículo que apresente menor consumo.

Nos Estados Unidos, por exemplo, o site *Fuel Economy* (www.fueleconomy.gov) é uma boa ferramenta de comparação entre os veículos produzidos a partir de 1985. Nele, o consumidor pode realizar a comparação do consumo de combustível de até quatro veículos, conforme o ano-modelo, classe de tamanho, tipo de *powertrain*, fabricante, entre outras características. O custo anual de abastecimento também é calculado. Além disso, o site esclarece os impactos do efeito estufa, poluição atmosférica, e enumera os incentivos fiscais relacionados à economia de combustível, bem como medidas para reduzir o consumo de combustível através da conservação do veículo e direção eficiente do motorista.

Além disso, outras medidas podem aumentar a visibilidade e credibilidade do programa de etiquetagem, tais como a promoção do programa via anúncios públicos em rádio, televisão e revistas, campanhas de educação dos consumidores, selos afixados nos modelos que apresentem os melhores resultados de consumo energético no programa (como ocorre com o selo PROCEL e o selo CONPET) e divulgação do programa em seminários e congressos.

O PBEV foi lançado recentemente em 2009 e apenas uma montadora tem afixado as etiquetas no ponto de venda. Existe grande possibilidade de maior apoio das montadoras no ano de 2011, e isso disponibilizará mais informação ao consumidor, fato importante em um mercado sem transparência. Porém, a flexibilidade regulatória do PBEV associado com o pouco comprometimento dos agentes envolvidos neste processo, tanto

a indústria quanto o governo, tem sido um dos obstáculos a efetividade do programa. Os pontos positivos do regulamento atual PBEV não asseguram que o programa gere os impactos necessários de transformação de mercado. Desta forma, esta tese constata que programa precisa de uma revisão e maior ação do governo no curto prazo para que o programa tenha os efeitos desejados.

O próximo capítulo apresenta outras políticas energéticas que podem complementar o PBEV e induzir a introdução de novas tecnologias na frota de veículos leves.

CAPÍTULO 8: PROPOSTA DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS PARA OS VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é propor políticas energéticas que estimulem a redução do consumo de combustível nos veículos leves no Brasil, à luz dos instrumentos de *demand-pull* e *technology-push* estudados no capítulo 2.

A princípio são identificados os objetivos do estabelecimento das políticas energéticas no País, a partir das análises realizadas ao longo desta tese. Em seguida, a seção 8.3 avalia se apenas o estabelecimento de um programa de etiquetagem veicular é uma medida suficiente para atender a todos os objetivos identificados. Por fim, são propostas as opções de políticas energéticas que podem complementar e reforçar o programa de etiquetagem a controlar o crescimento do consumo de combustível na frota brasileira de veículos leves, bem como induzir a inovação tecnológica no mercado automotivo brasileiro.

8.1 INTRODUÇÃO

Esta tese analisou as políticas energéticas baseadas nos modelos *demand-pull* e *technology-push* adotadas em prol da eficiência energética em vários países, procurando esclarecer como essas medidas podem induzir a inovação e difusão tecnológicas na indústria automobilística brasileira.

A experiência internacional foi o ponto de partida para a análise de algumas alternativas de políticas para a indução de inovações no Brasil. A escolha propriamente dita das opções de políticas para o caso brasileiro foi feita com base na capacidade tecnológica das montadoras, no histórico de regulamentações que estimularam a inovação tecnológica no setor automotivo, o perfil do mercado consumidor brasileiro, e considerando também as restrições financeiras e tecnológicas de um país em desenvolvimento, como o Brasil.

O capítulo 3 apresentou a conclusão de vários estudos sobre o significativo potencial de aumento da eficiência energética veicular, bem como verificou que grande parte das novas tecnologias para motores do ciclo Otto já estão na fase de crescimento do processo de difusão tecnológica, e têm sido cada vez mais aplicadas na frota de fabricantes de vários países desenvolvidos. O veículo híbrido é um exemplo de

tecnologia considerada avançada, que já passou da fase inicial para a fase de crescimento na curva de difusão tecnológica. Estes veículos também já estão sendo comercializados em alguns países¹⁷¹ em desenvolvimento.

Segundo IAC (2007), a demanda é considerada o principal estímulo à inovação nos países em desenvolvimento, dado que a capacidade científica para a geração de novas tecnologias é limitada. Tal afirmação está em consonância com as pesquisas recentes sobre a estratégia de inovação do setor automotivo brasileiro discutidos no capítulo 6. Apesar do aumento dos gastos¹⁷² em P&D realizados nos últimos anos pela indústria automobilística brasileira, tais investimentos não priorizaram inovações tecnológicas radicais ou de longa maturação. Ao contrário, os investimentos são direcionados para a preservação e melhoramento das técnicas empregadas nos veículos, em detrimento do lançamento de produtos com características mais avançadas. Estudos recentes sobre a indústria automobilística brasileira mostram que a maior parte do orçamento destinado a P&D está voltada para soluções de aplicação de curto prazo, visando atender às demandas do mercado brasileiro. Desta forma, o esforço tecnológico das montadoras no Brasil não se refere às atividades em pesquisa de tecnologias de ponta, como por exemplo, o desenvolvimento de novos sistemas de propulsão ou tecnologias avançadas que otimizem a eficiência energética do *powertrain*. Estas atividades estão concentradas nos países de origem das montadoras.

O presente trabalho considera que tanto as políticas de *technology-push* quanto às de *demand-pull* são importantes para o caso brasileiro. O capítulo 2 mostrou que há um consenso na literatura que a abordagem conjunta dos mecanismos *pull-push* é mais efetiva do que o estabelecimento de uma única abordagem. Enquanto as políticas de *demand-pull* podem gerar o impulso de mercado para tecnologias que já estão desenvolvidas e prontas para a comercialização no curto e médio prazo, as políticas de investimentos públicos e privados em P&D podem ampliar as opções tecnológicas disponíveis no longo prazo (IAC, 2007).

Em virtude da amplitude do tema e da diversidade de opções de políticas, esta tese priorizou a escolha de políticas baseadas no modelo de *demand-pull*, visto que a

¹⁷¹ China, Índia e México.

¹⁷² Nos últimos anos, várias leis foram promulgadas para estimular a indústria brasileira a investir em P&D. As empresas de capital nacional e estrangeiro do setor automotivo e autopeças dispõem de várias medidas de estímulo à inovação, tais como incentivos fiscais, subvenções econômicas, financiamentos às atividades de P&D permitidos pela Lei nº 11.196/2005, Lei nº 8.661/1993 e a Lei nº 10.973/2004 (Vide capítulo 2).

aplicação destas políticas favorece a difusão de tecnologias que já estão na fase de comercialização, bem como seus efeitos geralmente ocorrem no curto e médio prazo. Revendo o historio das políticas aplicadas no setor automotivo no Brasil, constata-se que os instrumentos de mercado foram fundamentais para a difusão de tecnologias incrementais na indústria automobilística brasileira.

Entretanto, duas políticas à luz do modelo *technology-push* são apresentadas neste capítulo em função do importante impacto *push* no longo prazo, tais como as políticas de qualificação profissional e de financiamentos a projetos de P&D e inovação tecnológica através de linhas de créditos por bancos oficiais.

8.2 OBJETIVOS PROPOSTOS DAS POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

8.2.1 DIFUSÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS AUTOMOTIVAS INCREMENTAIS

O primeiro objetivo refere-se ao aumento da eficiência energética da frota de novos veículos através da aplicação de tecnologias automotivas já difundidas nos países de origem das montadoras, e ainda não aplicadas na maioria dos segmentos de veículos leves comercializados no mercado brasileiro.

A frota de novos veículos leves brasileira apresenta um grande potencial de redução do consumo de combustível em decorrência do hiato tecnológico entre os automóveis locais e de mercados mais avançados. Algumas tecnologias descritas no capítulo 3, tais como controle variável de válvula, variador do tempo de válvula, transmissão automática em seis velocidades, transmissão variável contínua, injeção direta, somente são encontradas em poucos modelos fabricados no Brasil. Embora estas tecnologias já sejam bem conhecidas pelos fabricantes e seus fornecedores, as montadoras reportaram nas entrevistas que sua aplicação não é custo-efetiva para a maioria dos segmentos dos veículos brasileiros.

De acordo com NIGRO e SZWARC (2009), os veículos flexfuel ainda não podem ser considerados adequadamente desenvolvidos para aproveitar o maior calor latente de vaporização e a maior octanagem do etanol para atingir um diferencial relevante. Desde o lançamento dos veículos flexfuel, a atenção dos fabricantes tem sido direcionada principalmente ao aumento dos ganhos em torque e potência do motor (NIGRO e SZWARC, 2009). Observa-se no relatório do ano de 2008 da qualidade do ar do Estado

de São Paulo que não houve avanço na redução do consumo de combustível dos veículos flexfuel quando abastecidos com etanol nos últimos anos. Nota-se, também, maior emissão dos poluentes atmosféricos CO, HC, NO_x e RCHO nos veículos flexfuel em comparação aos veículos dedicados a gasolina (CETESB, 2009).

Entretanto, o benefício ambiental do uso dos carros flexfuel foi mencionado várias vezes durante as entrevistas, devido às vantagens da utilização do etanol, um combustível renovável, cuja queima leva a menores emissões de CO₂. Do ponto de vista ambiental, todas as montadoras consideram que a adoção da tecnologia flexfuel é mais relevante para o país do que a introdução de tecnologias avançadas. Várias montadoras mencionaram “porque o veículo híbrido se o Brasil já tem o flexfuel?”

De fato, o uso do etanol como combustível veicular apresenta vantagens em relação aos combustíveis fósseis no combate aos gases de efeito estufa. Adicionalmente, o etanol não apresenta enxofre em sua composição e sua queima gera menores emissões de particulados (GOLDEMBERG et al, 2004).

Entretanto, o argumento da vantagem ambiental da utilização dos veículos flexfuel defendido pelas montadoras deve ser analisado com mais rigor, dado que o motor flexfuel carece de aperfeiçoamentos técnicos, já que estes motores são menos eficientes quando comparados aos motores que utilizam somente um combustível (motores somente dedicados a etanol ou motores dedicados a gasolina).

Cabe destacar que o etanol também gera alguns impactos ambientais quando utilizado como combustível veicular, tais como a maior emissão de aldeídos¹⁷³ em relação à gasolina e as emissões de compostos orgânicos voláteis¹⁷⁴ (NIVEN, 2005; ORLANDO et al, 2010). Neste sentido, a indústria automobilística dispõe de diversas opções tecnológicas (descritas no capítulo 3) que podem ser aplicadas nos veículos do ciclo Otto em prol da economia de combustível, e conseqüente, diminuição das emissões destes poluentes provenientes do etanol.

¹⁷³ O aldeído acético é classificado como irritante e narcótico, e mesmo em baixas concentrações irrita as mucosas dos olhos, do nariz e das vias respiratórias. Em concentrações maiores, o aldeído acético torna-se cancerígeno (NIVEN, 2005).

¹⁷⁴ Os compostos orgânicos voláteis (hidrocarbonetos leves) reagem com os óxidos de nitrogênio formando o ozônio, na presença de luz solar (NIVEN, 2005; ORLANDO et al, 2010). O ozônio é o poluente que mais preocupa especialistas no estado de São Paulo por causa dos sérios problemas à saúde da população, principalmente bronquite, asma e o agravamento de enfisema pulmonar (ORLANDO et al, 2010).

Outro fator que reforça a necessidade de promover a eficiência veicular da frota de veículos leves no Brasil está relacionado aos recursos financeiros para garantir a segurança energética do etanol no país. A produção do etanol requer significativos investimentos na construção de novas usinas e destilarias, centros de armazenamentos e distribuição (criação de redes de dutos para o transporte) para atender a grande demanda deste combustível nos próximos anos.

A previsão da EPE (2008) para a demanda de etanol carburante evoluirá com a taxa anual de 11,3%, no período entre 2008 a 2017, alcançando 53,2 bilhões de litros em 2017. Desta forma, cabe lembrar que a melhoria da eficiência no consumo final de energia é um importante “recurso” energético. O custo de aperfeiçoamento dos equipamentos de uso final é menor que o custo de aumentar a capacidade de suprimento de energia primária (GELLER et al, 2004).

8.2.2 INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS NA FROTA BRASILEIRA

O segundo objetivo consiste na progressiva introdução de tecnologias avançadas na frota brasileira de novos veículos leves, tais como os veículos híbridos e elétricos.

Os veículos híbridos e elétricos têm sido foco de fortes investimentos nos países de origem das montadoras, e estão sendo gradualmente lançados em outros mercados emergentes, tais como China, Índia e México. O argumento das montadoras para a falta de demanda por estes veículos no Brasil está cada vez mais distante da realidade brasileira, à medida que a demanda por carros de luxo está se consolidando no país. Porém, o estímulo do governo através de incentivos e renúncia fiscal poderia facilitar a introdução deste carro.

De acordo com as montadoras, o veículo híbrido seria vendido para um nicho pequeno do mercado, inviabilizando a sua comercialização. Entretanto, mesmo que os híbridos sejam introduzidos no mercado brasileiro em pequena quantidade, a importação deste veículo por uma grande montadora pode estimular sistemistas e outras empresas do setor de autopeças ao desenvolvimento de componentes para esse novo tipo de propulsão. Além disso, o aprendizado da mão-de-obra local (técnicos, engenheiros e pesquisadores) deverá ocorrer.

Cabe lembrar a questão do aprendizado da engenharia brasileira no caso do carro a álcool e flexfuel. O aprendizado das montadoras, sistemistas e outras pequenas e médias empresas do setor de autopeças foi fundamental no desenvolvimento da tecnologia flexfuel. O capítulo 6 descreveu o aperfeiçoamento da tecnologia flexfuel pela engenharia brasileira (Bosch, Magnetti Marelli e Delphi), que teve como base o conhecimento obtido na adaptação dos motores a gasolina para motores dedicados a etanol.

Outro exemplo de desenvolvimento tecnológico foi a participação de uma pequena empresa do setor de autopeças na adaptação de chicotes elétricos para os veículos flexfuel, a partir da pesquisa em patentes registradas em mercados avançados.

8.2.3 CONTENÇÃO DO AUMENTO DO PESO, TAMANHO E POTÊNCIA DA FROTA DE NOVOS VEÍCULOS LEVES.

O terceiro objetivo consiste em restringir o aumento do peso, tamanho e potência da frota de novos veículos leves. Em vários países, o aumento do peso e potência da frota de veículos leves tem compensado o ganho de eficiência energética a partir da aplicação de novas tecnologias. O capítulo 4 mostrou que se o peso dos veículos europeus permanecesse constante entre 1995 e 2005, a meta de emissões de 140g CO₂/km poderia ter sido alcançada em 2008.

Embora a maior parte das vendas de novos automóveis no Brasil seja de modelos subcompacto e compacto, a potência destes carros tem aumentado gradativamente (BORBA, 2008). Os carros 1.0, por exemplo, apresentam hoje 40% a mais de potência¹⁷⁵ do que na época em que foram lançados, no início da década de 1990. Estes carros também são mais pesados devido ao maior número de acessórios. Além disso, a porcentagem de veículos de mil cilindradas vendidas vem diminuindo desde 2001. O aumento de crédito e do prazo de financiamento nos últimos anos, além do aumento da renda disponível da população facilita a aquisição de automóveis de uma categoria superior de tamanho.

Outra tendência que ocorre no mercado automotivo brasileiro é a migração do consumidor do segmento de automóveis Sedan para o segmento de utilitários

¹⁷⁵ Uno Mille 2011 (65 cv gasolina/ 66 cv etanol), Celta 2010 (77cv gasolina/ 78 cv álcool), Fiesta 2010 (69 cv gasolina/ 73 cv etanol); Gol 2010 (72 cv gasolina/76 cv etanol); Clio 2010 (76 cv gasolina/77 cv etanol).

esportivos. Essa migração para veículos maiores deve-se a uma busca por maior conforto e as facilidades de financiamento (Folha on line, 01/07/2010).

O capítulo 6 também apontou o crescimento das vendas dos veículos importados, principalmente comerciais leves. Do total de veículos importados, 35% são comerciais leves (ANFAVEA, 2010).

8.3 LIMITAÇÕES DE UM PROGRAMA DE ETIQUETAGEM

Comparado a outros programas de política energética, como os instrumentos econômicos e padrões de eficiência energética, um programa de informação tem maior grau de aceitação por todos os agentes envolvidos, ao apresentar maior facilidade de formulação, custos reduzidos e maior rapidez no processo de implantação. Além disso, requer a participação voluntária do público consumidor.

A informação pode ser considerada um instrumento de política per se, mas também um instrumento base para o estabelecimento de outras medidas, no sentido em que ela é usada para difundir a existência, bem como complementar e aumentar a efetividade de outros programas. Segundo ONADA (2008), a etiquetagem, quando bem formulada, é um instrumento que pode reforçar outras políticas de eficiência energética, principalmente quando está associada a incentivos fiscais e financeiros (ONADA, 2008). Se for necessário o estabelecimento de medidas mais rígidas, os reguladores podem legitimar ações mais severas argumentando que medidas mais flexíveis já foram estabelecidas sem o êxito esperado. Para tanto, a indústria deve ser informada anteriormente que um instrumento regulatório pode ser introduzido (VEDUNG, 1998).

Desta forma, um programa de informação deve vir associado a um pacote de outras medidas, ou ser estabelecido inicialmente como uma forma de “pavimentar” o caminho para intervenções com maior grau de coerção (VEDUNG, 1998).

Diversos instrumentos de mercado têm sido estabelecidos de forma a promover a compra de veículos mais eficientes em vários países. Estudos empíricos (CUENOT, 2009; MANDEL, 2009) verificaram que o atual sistema tributário europeu e o sistema de *feebates* são capazes de apresentar significativa modificação do mercado em direção a veículos mais eficientes. A tributação mais branda sobre o diesel foi um dos motivos para o aumento das vendas destes veículos no mercado europeu. Já o sistema de *feebates* provocou um significativo aumento de vendas de veículos com menores

emissões de CO₂ em alguns países da Europa, principalmente na França¹⁷⁶. Os incentivos fiscais aos automóveis híbridos e elétricos têm atenuado o preço prêmio pago por tais veículos nos Estados Unidos e Europa.

De acordo com a resposta de duas montadoras entrevistadas, o programa de etiquetagem poderá acirrar a competição entre os fabricantes em produzir modelos mais eficientes, se os consumidores começarem a fazer suas escolhas com base na etiqueta. Os aperfeiçoamentos e tecnologias aplicadas nos veículos serão baseados no que os outros concorrentes oferecerão. Se a resposta dos consumidores à etiqueta for pequena, a tendência de investimento contemplará aperfeiçoamentos visando o aumento da potência e torque dos motores, bem como outras tecnologias¹⁷⁷ automotivas oferecidas em mercados avançados. Segundo as montadoras entrevistadas, as tecnologias mais avançadas dependem de renúncia fiscal para a sua aplicação no mercado, principalmente a redução do IPI e do imposto de importação, além do estabelecimento de outros incentivos.

Os programas de informação podem não alcançar os resultados no curto e médio prazo no Brasil. Conforme as entrevistas com os representantes da CETESB e INMETRO, o PBEV visa cumprir seu propósito no longo prazo¹⁷⁸. Considerando as perspectivas sobre o crescimento da frota de novos veículos brasileira, este espaço de tempo é extenso para uma frota que está em plena expansão. Destarte, a relação habitante-veículo no Brasil (6,9) é ainda alta quando comparada a outros países em desenvolvimento como o México (4,0) e a Argentina (4,7) (ANFAVEA, 2010).

O capítulo 5 expôs que o programa de etiquetagem não atingiu os resultados esperados em alguns países da União Européia. Pesquisas verificaram que o programa de informação apresentou pouco efeito sobre a decisão de compra do veículo pelo consumidor. Atualmente, União Européia está tentando uniformizar o programa de etiquetagem visando o maior alcance dos benefícios deste programa.

Fabricantes tendem a aplicar tecnologias que aumentem o conforto do motorista. Isso é normal que uma empresa atenda a demanda do consumidor, que prefere carros

¹⁷⁶ Vide capítulo 5.

¹⁷⁷ Conectividade, segurança, entre outras.

¹⁷⁸ Conforme a entrevista com um integrante da CETESB o prazo pode chegar a 10 anos.

maiores e mais potentes. O problema é que tais atributos têm compensado a aplicação de tecnologias que visam elevar a eficiência veicular.

De acordo com WEO (2006) a falta de regulações pode gerar séria falhas de mercado, dado que os compradores de veículos não estão conscientes das externalidades do uso do automóvel. Outro fator é a aversão dos consumidores a perdas no curto prazo, o que tende a inibir a compra de um carro que possua tecnologias mais avançadas. Embora a compra de um carro mais eficiente possa ser custo-efetiva no longo prazo, se a recompensa econômica para o consumidor não for obtida em pouco tempo, em média três anos (TURRENTINE e KURANI, 2007), ele se mostrará indiferente¹⁷⁹ ao fato de adquirir um veículo mais eficiente, e da mesma forma, os fabricantes continuarão relutantes em aderir às mudanças nos projetos de seus automóveis. A questão da externalidade negativa, neste caso, é um dos motivos para que a adoção de outras políticas públicas, pois os consumidores e fabricantes não arcam com os custos sociais que elas produzem¹⁸⁰.

Diante de todos os argumentos acima apresentados, constata-se que o programa de etiquetagem (mesmo sendo revisado) será insuficiente para controlar o crescimento do consumo de combustível, bem como não poderá alcançar todos os objetivos propostos neste capítulo, tais como a contenção do aumento do peso, tamanho e potência da frota de novos veículos leves. As próximas seções apresentam opções de políticas energéticas baseadas em instrumentos econômicos e na regulação direta que podem ser associadas ao PBEV, assim como induzir a inovação tecnológica na indústria automobilística.

8.4 OPÇÕES DE POLÍTICAS BASEADAS NOS MODELOS *PULL/PUSH*

Claramente pode-se afirmar que há opções tecnológicas disponíveis para aumentar a eficiência de consumo nos veículos leves, como mostrou o capítulo 3. Nem todas as tecnologias são economicamente viáveis atualmente, mas podem ser progressivamente aplicadas na frota através da introdução de políticas que possam diminuir os custos e

¹⁷⁹ O capítulo 2 identificou que esta decisão do consumidor como um *lock-in* à mudanças de trajetória tecnologia do motor a combustão interna.

¹⁸⁰ Este *lock-in* a mudanças de trajetória tecnológica seria produzido pelo fabricante.

riscos tecnológicos dos fabricantes, bem como aumentar a demanda do consumidor por veículos mais eficientes.

8.4.1 INCENTIVOS FISCAIS

O IPI no Brasil é um forte instrumento de estímulo à produção de determinados setores industriais. No caso da indústria automobilística, este imposto sempre foi um instrumento hábil em estimular a venda de veículos, e sua redução foi fundamental para a difusão do carro 1.0, como foi visto no capítulo 6.

Atualmente, a alíquota de IPI sobre os veículos leves varia quanto à cilindrada do motor e quanto ao tipo de combustível utilizado, concedendo aos automóveis flexfuel a mesma alíquota que era concedida aos carros movidos a álcool.

A questão ambiental sempre foi um ponto chave para a defesa da diminuição da alíquota do IPI para os veículos que utilizam etanol hidratado, um combustível que emite menos CO₂ e outros poluentes nocivos à saúde da população do que a mistura da gasolina com etanol anidro. A diferença da alíquota do imposto quanto à motorização também é adequada e deve ser mantida, na medida em que estimula a venda de carros de menor cilindrada, e conseqüentemente de menores dimensões e peso.

Atualmente, não há previsão do aumento da percentagem de mercado das vendas de novos veículos movidos à gasolina fabricados no Brasil, e a tendência é que a grande maioria da frota de novos veículos leves nacionais siga o padrão flexfuel nos próximos anos. A figura 8.1 mostra que 75% da frota total brasileira será composta de veículos flexfuel em 2020 (PETROBRÁS, 2009).

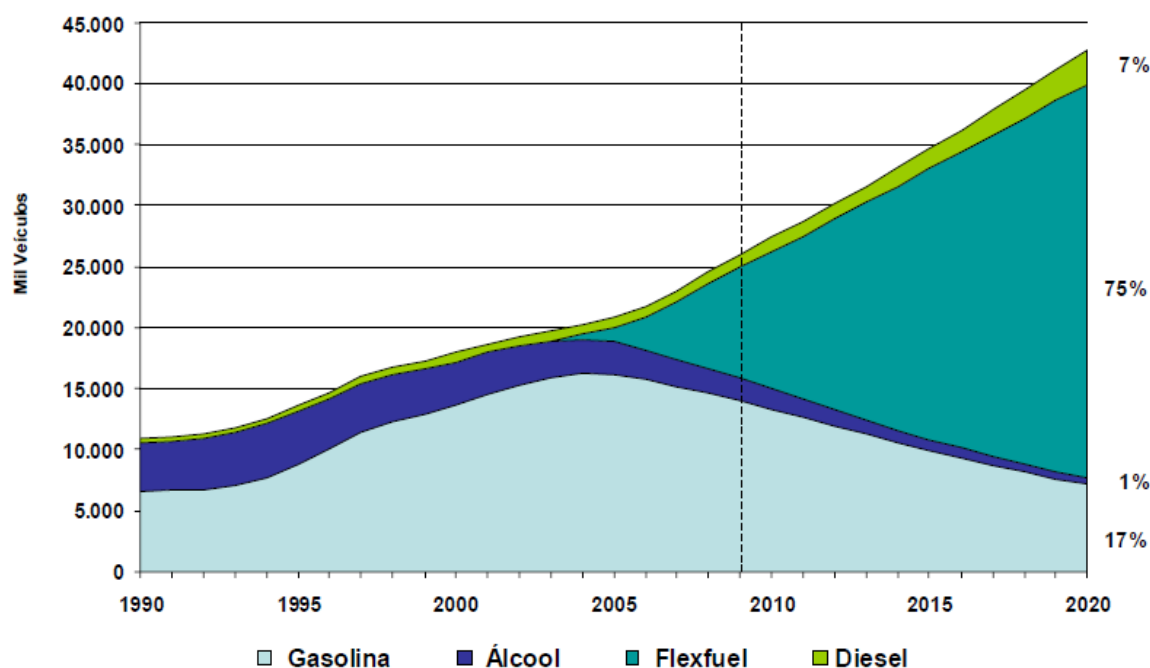


Figura 8-1: Previsão da frota total de veículos leves no Brasil

Fonte: PETROBRÁS (2009)

Do ponto de vista ambiental, há outras formas de estimular a compra de automóveis que emitem menos poluentes atmosféricos e CO₂, através da diferenciação da alíquota ou renúncia fiscal do IPI.

Uma das alternativas seria a diferenciação da alíquota conforme o sistema de propulsão do veículo. Neste caso, o tipo de propulsão híbrida ou elétrica poderia apresentar total isenção do imposto sobre produto industrializado. Esta medida se justifica visto que os novos tipos de propulsão apresentam maior eficiência energética e menor emissões de CO₂ comparado ao padrão de motor de combustão interna baseado no motor flexfuel. Ademais, a isenção deste imposto poderia estimular a venda destes veículos no Brasil, bem como impulsionar pesquisas visando o desenvolvimento da aplicação da tecnologia híbrida aos veículos flexfuel.

Outra opção de diferenciação da alíquota do IPI poderia ocorrer conforme um índice que expresse a eficiência energética do veículo. Tal índice poderia ser baseado no programa de etiquetagem, caso este programa apresentasse o sistema de comparação absoluta da frota de novos veículos. Caso contrário, tal opção causaria uma distorção de mercado, pois o incentivo fiscal poderia beneficiar também a venda dos veículos mais pesados, que são comprados por consumidores de alta renda.

Outro tipo de isenção fiscal é a diminuição da alíquota do imposto de importação para os carros híbridos, um dos obstáculos para a introdução deste veículo no país, dado que a alíquota do imposto é de 35%. Este foi um dos incentivos apontados pelas montadoras entrevistadas para facilitar a introdução dos veículos híbridos e elétricos. Cabe ressaltar que na década de 90, com a diminuição do imposto de importação para os carros importados, houve uma grande demanda por tais veículos no Brasil. Isso foi uma das razões da diminuição do *gap* tecnológico que havia entre os carros nacionais e importados.

O Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) da esfera pública estadual também é uma alternativa para aumentar a demanda por veículos híbridos e elétricos, principalmente nas metrópoles como São Paulo e Rio de Janeiro, onde congestionamentos são cada vez mais extensos e comuns com o aumento da frota.

Atualmente sete estados brasileiros (Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Rio Grande do Sul) oferecem isenção aos veículos elétricos do IPVA, enquanto outros três outros estados oferecem alíquotas diferenciadas: Mato Grosso do Sul (até 70% de isenção), Rio de Janeiro (75% de isenção) e São Paulo (25% de isenção).

8.4.2 TAXA ANUAL DE LICENCIAMENTO PARA VEÍCULOS EFICIENTES

A cobrança da taxa referente ao processo de renovação do Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo (CRLV) poderia ser atrelada à eficiência energética do veículo. O valor desta taxa não é alto¹⁸¹ atualmente, mas a vinculação da CRLV a eficiência energética do veículo representaria mais um incentivo a compra de veículos com maior eficiência de consumo, tais como aqueles que apresentassem a classificação “A” no programa de etiquetagem. No caso de veículos ineficientes, uma taxa mais alta poderia ser aplicada a veículos com classificação “E” no programa de etiquetagem. Neste caso, mais uma vez, seria necessário que o programa de etiquetagem possuísse um sistema de comparação absoluta.

¹⁸¹ Cerca de R\$ 90,00 no estado do Rio de Janeiro em agosto de 2010 (www.detran.rj.gov.br).

8.4.3 LINHAS DE FINANCIAMENTO DE VEÍCULOS EFICIENTES

O estado brasileiro é um dos grandes financiadores das montadoras, com uma ampla oferta de linhas de financiamento, subsídios e facilidades tributárias (CONSONI, 2004; SALERNO, 2009).

O Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) oferece linhas de financiamentos subsidiados conforme a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), que está em torno de 6% ao ano¹⁸². Para projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que envolvam risco tecnológico, o banco dispõe das linhas de financiamento BNDES PSI – Inovação e a linha Capital Inovador, com as taxas de 3,5% e 4,5% ao ano, respectivamente, para empresas de capital nacional e estrangeiro. Estas taxas estão bem abaixo das praticadas nas operações de empréstimos pelo sistema financeiro¹⁸³ à maioria das empresas brasileiras.

As montadoras e os sistemistas são as empresas responsáveis pelo maior número de inovações na área automotiva brasileira, em função da maior economia de escala, economia de rede e economia pecuniárias¹⁸⁴. Ambos recebem financiamentos subsidiados dos bancos oficiais. A análise de crédito destes bancos deveria priorizar os investimentos em P&D que busquem a conservação de energia, e que conseqüentemente possam ajudar a diminuir as emissões de poluentes atmosféricos e CO₂. Isto seria um retorno a sociedade do financiamento a partir dos cofres públicos, e não somente ao setor automotivo. Em 2009, o governo brasileiro disponibilizou uma grande soma de recursos públicos via empréstimos e renúncia fiscal que ajudaram a indústria automobilística durante o período da crise internacional, com a contrapartida da manutenção de empregos. Muitos setores da economia não receberam o mesmo nível de ajuda. Diferentemente do que ocorreu nos Estados Unidos e na Europa, a ajuda financeira às montadoras no Brasil não foi concedida tendo como contrapartida um investimento futuro em projetos de inovação na área de eficiência energética. O governo dos Estados Unidos e o Reino Unido condicionaram empréstimos visando à produção de veículos mais eficientes, bem como desenvolvimento de equipamentos e componentes para esta finalidade (THE ECONOMIST, 2009c).

¹⁸² Conforme acesso ao site www.bndes.gov (agosto de 2010).

¹⁸³ A taxa de referência é a Selic de 10,75% (agosto de 2010).

¹⁸⁴ Vide capítulo 2

Como foi visto no capítulo 3, há várias tecnologias inovadoras que poderiam ser aplicadas nos carros flexfuel. Há sistemas e equipamentos que hoje são importados e que poderiam ser desenvolvidos pelas empresas de autopeças no Brasil em conjunto com as montadoras, como ocorreu nos eventos inovativos descritos no capítulo 6. O financiamento poderia ser disponibilizado para linhas de montagem de veículos mais eficientes, e assim, de acordo com o propósito dos programas do BNDES – diminuir o risco tecnológico de projetos inovadores.

8.4.4 COMPRAS GOVERNAMENTAIS

As compras governamentais exercem uma grande influência em estimular a difusão de produtos mais eficientes (WIEL e MCMAHON, 2005). O capítulo 5 mostrou vários exemplos de frotas oficiais formadas por veículos híbridos e elétricos em vários países. Esta medida poderia ser testada no Brasil, a princípio com os carros híbridos. Posteriormente esta iniciativa também poderia ser ampliada aos veículos elétricos ou *plug-in*, a partir da construção gradativa de uma infra-estrutura de abastecimento elétrico destes veículos em prédios oficiais. Desta forma, tais veículos poderiam ser testados antes de qualquer iniciativa de construção de infra-estrutura em larga escala, estimulando pesquisas acadêmicas sobre o desenvolvimento destes veículos no Brasil. A influência das três esferas do governo também pode ser exercida através de “compras indiretas”, requerendo que contratados da iniciativa privada mantenham seus serviços utilizando veículos com maior eficiência de consumo.

Um exemplo de compra governamental com o objetivo de promoção da venda de determinado veículo aconteceu na época do Proálcool, com a compra de carros a álcool para frota da Telesp. A iniciativa do governo de promover estes veículos naquela época é lembrada por alguns autores¹⁸⁵ como uma medida eficaz de promoção da viabilidade tecnológica do carro a álcool. Muitos consumidores puderam comprovar que os veículos a etanol eram tecnicamente viáveis.

¹⁸⁵ FIGUEIREDO (2006); SILVA e FISCHETTI (2008).

8.4.5 FEEBATES

O sistema de *feebates* foi instituído na União Européia com o objetivo de modificar os hábitos de compra dos consumidores. Esse sistema no Brasil pode ser uma alternativa política para superar os obstáculos políticos associados ao estabelecimento de um padrão de eficiência energética. Encargos financeiros seriam cobrados nas vendas de veículos ineficientes, ao passo que descontos seriam concedidos na venda de veículos mais eficientes. A medida deve ser neutra em receitas e despesas com a adoção do programa, ou seja, o desembolso total com descontos deve cobrir as receitas totais com os impostos.

Porém, tal medida não poderia ser aplicada no Brasil, caso não seja criada uma agência de eficiência energética para coordenar tal programa.

Como foi descrito no capítulo 5, uma forma de *feebate* sem a concessão de descontos (GREENE et al, 2005), consiste no imposto norte-americano conhecido como “gas guzzler tax” que visa desestimular a compra e fabricação de automóveis que possuem alto consumo de combustível. Esta medida é outra alternativa que pode conter a venda dos veículos leves menos eficientes do mercado brasileiro, caso seja aplicada de forma correta. No caso norte-americano, os veículos com peso maior que 8500 libras não são incluídos. Desta forma, grande parte dos SUV e picapes de luxo (utilizados geralmente como automóveis de passageiros) têm isenção deste imposto prejudicando a efetividade desta medida (NCR, 2002). No caso brasileiro, tal imposto deveria incidir sobre carros de passageiros e comerciais leves.

8.4.6 QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

A qualificação de pessoal, principalmente a qualificação profissional de engenheiros e técnicos para a atuação na indústria automotiva, tem sido apontada como uma política fundamental para o desenvolvimento da inovação no Brasil (MAZZONI, 2010; QUINTÃO, 2008; CONSONI, 2004).

A pesquisa de MAZZONI (2010) identificou que o setor automotivo é um dos setores que mais carece de engenheiros para o desenvolvimento de atividades de P&D. A possibilidade de restrição deste tipo de mão-de-obra qualificada pode refletir sobre a expansão produtiva e execução de atividades relacionadas à pesquisa e

desenvolvimento. A mão-de-obra de nível técnico para a indústria de autopeças é outra categoria de profissionais que precisará de treinamento e capacitação para a aplicação e desenvolvimento de tecnologias mais avançadas no Brasil.

Outro estímulo à pesquisa e a formação de pesquisadores consiste no fundo setorial CT-Petro (estabelecido com a lei 9478/1997), que visa o amparo a pesquisa científica e inovação na área de petróleo, gás natural e, atualmente, biocombustíveis. Este fundo setorial financia os programas de recursos humanos da ANP promovendo a qualificação de pesquisadores e o desenvolvimento de projetos em parcerias entre empresas, universidades e centros de pesquisas no país. O CT-Petro poderia fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias automotivas, inclusive projetos relacionados ao desenvolvimento de um veículo híbrido flexfuel.

8.5 OPÇÃO DE POLÍTICA ENERGÉTICA BASEADA EM UM PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nos últimos cinco anos, novas estruturas regulatórias foram propostas para reduzir o consumo de combustível e emissões de CO₂. Em vários países, a regulação foi necessária para reforçar os mecanismos de mercado. Uma das razões do estabelecimento da regulação direta consiste no fato de que os efeitos das opções de mercado ainda não apresentam força suficiente para as mudanças de curto prazo no desenvolvimento de produtos da indústria automotiva. A medida regulatória compulsória apresenta um sinal claro de que é preciso investimentos no curto prazo no desenvolvimento de novos modelos para cumprir o prazo em que o padrão entrará em vigor (ONADA, 2008). Algumas tecnologias não podem ser instaladas no veículo sem a integração com vários sistemas e componentes, e desta forma, são geralmente introduzidas no desenvolvimento de um novo modelo.

O capítulo 4 analisou os exemplos mais representativos de padrões de eficiência energética atualmente em vigor. Constatou-se que a implementação de um padrão compulsório – quando bem formulado – é uma política energética necessária para redução do consumo energético na frota de novos veículos leves. O padrão japonês, por exemplo, induziu a um aumento de 24% na eficiência de consumo da nova frota entre 1996 a 2004, sem a elevação do peso dos novos veículos vendidos. A experiência chinesa mostrou que centenas de modelos ineficientes foram retirados do mercado, e

novas linhas de produção foram construídas por empresas multinacionais e domésticas para a fabricação de modelos mais eficientes. A próxima seção recomenda um programa de padronização para o caso brasileiro nos moldes do modelo chinês.

8.5.1 RECOMENDAÇÃO DE UM PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os impactos econômicos de um padrão de eficiência energética e seu potencial de redução do consumo de combustível na frota dependem principalmente da definição da estrutura do programa de padronização, como por exemplo, do método em que as metas serão atribuídas aos fabricantes, da escolha dos tipos de veículos que serão regulados com maior grau de rigidez e do prazo em que o padrão entrará em vigor (PLOTKIN, 2009). Se a meta for rígida e a estrutura não for adequada, o padrão perderá sua efetividade, como no caso do padrão europeu voluntário. Caso a meta seja branda e a estrutura defeituosa, o padrão trará efeitos adversos, conforme o caso norte-americano. Por isso, um padrão deve ser formulado cuidadosamente. As etapas da elaboração de um padrão de eficiência energética do relatório da CLASP (WIEL e MCMAHON, 2005) apresentadas resumidamente no capítulo 4, mostram os passos que devem ser tomados antes de estabelecer este tipo de intervenção no mercado automotivo.

8.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UM PADRÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O CASO BRASILEIRO

1. Padrão Médio

Todos os países analisados no capítulo 4 adotaram o padrão médio de eficiência energética. O último país a adotar o padrão médio foi a China, após a revisão do regulamento em 2009. A fase 3 do padrão chinês excluiu a regra que estabelecia limites máximos de consumo específico em todas as classes de peso para cada veículo fabricado. O padrão médio oferece mais flexibilidade ao fabricante para selecionar o nível de desempenho para cada modelo, e não em cada produto comercializado. Desta forma o governo chinês acatou a solicitação da indústria automobilística que fez forte

pressão para a mudança da legislação. O padrão médio apresenta maior aceitação pela indústria automobilística (ONADA, 2008)

2. Padrão compulsório

Constatou-se no capítulo 4 que a implementação de padrões compulsórios – quando bem formulados – são medidas necessárias para redução do consumo energético na frota de novos veículos leves.

Os programas voluntários foram bastante populares nas décadas de 80 e 90, quando a necessidade de redução de combustível e CO₂ eram vistas como menos urgentes. Considerava-se também que melhores resultados em eficiência de consumo dos veículos eram obtidos com menor intervenção governamental (ONADA, 2008).

A experiência internacional mostrou que padrões voluntários não produziram os resultados esperados em vários países. O Japão, por exemplo, não obteve êxito nas duas vezes que estabeleceu um padrão voluntário de eficiência energética. A União Européia também não conseguiu atingir a meta do padrão após duas tentativas de acordo voluntário, conforme foi descrito no capítulo 4 (tabela 4.9). No entanto, após o anúncio oficial de um padrão compulsório, nota-se um esforço maior dos fabricantes na Europa de reduzir as emissões de CO₂, bem como de introdução de novas tecnologias.

3. Estímulo à difusão de novas tecnologias e desincentivo ao aumento do peso dos veículos

A recomendação de um tipo de padrão para o Brasil deve levar em consideração a necessidade da difusão de novas tecnologias na frota brasileira visando à redução do consumo médio de combustível da frota brasileira no longo prazo. Conforme mencionado anteriormente, as externalidades geradas pelo crescimento do tamanho da frota podem ser minimizadas caso haja diminuição do hiato tecnológico em relação aos veículos vendidos em mercados avançados. Cabe lembrar que enquanto esta defasagem tecnológica continua aumentando, a diferença de perfil entre a frota brasileira e estrangeira, quanto ao tamanho e ao peso, as características do perfil da frota tende a diminuir.

Dentre os padrões analisados no capítulo 4, o padrão chinês apresenta a estrutura mais adequada para estimular a inovação tecnológica e conter o aumento de peso e potência

dos automóveis brasileiros. O recente ajuste (fase 3) incorporou várias modificações que estimulam os fabricantes a introduzir novas tecnologias e diversificar a frota na direção de veículos de segmentos de menor peso e tamanho. Foram identificados três principais motivos que favorecem a escolha da estrutura do padrão para o Brasil.

O primeiro motivo refere-se à presença de metas mais restritivas nas classes de peso mais elevado, de forma a incentivar os fabricantes a produzirem veículos mais leves para o mercado chinês. Esta é uma forma de limitar a tendência da indústria de aumentar o peso do veículo, pois o aumento do peso leva a uma meta proporcionalmente mais difícil de ser alcançada na classe de peso superior. O padrão japonês também apresenta esta característica. O capítulo 4 concluiu que os padrões baseados em atributos somente são eficazes em promover o *downsizing* da frota se a regulamentação for mais rígida para os veículos maiores e mais pesados.

A segunda vantagem da abordagem chinesa é o mecanismo do cálculo da meta do padrão. A meta do padrão em um dado ano é calculada conforme o somatório do produto da meta de consumo de combustível de cada classe que o fabricante produzir (conforme a tabela 4.8) com seu volume de produção, dividido pelo total da produção de veículos do fabricante (Equação 4.2).

Ao contrário do padrão japonês, que possui um limite médio de eficiência energética para cada classe de peso, o padrão chinês considera como meta um índice calculado a partir da eficiência energética média de toda a frota do fabricante. Este novo mecanismo introduzido na fase 3 pode encorajar a diversificação da frota e estimular a inovação, na medida que o fabricante que vender veículos somente nos segmentos de maior peso, terá que aumentar a eficiência energética destes veículos ou diversificar sua frota na direção de veículos compactos com menor consumo de combustível para poder alcançar a meta mais rígida do padrão.

Por exemplo, uma montadora que opte por vender um modelo menos eficiente (como uma picape grande ou um carro esportivo) precisará vender maior número de modelos eficientes em outras classes a fim de compensar a venda dos modelos que consomem mais combustível. Um dos objetivos do padrão chinês é justamente estimular o lançamento de novos modelos mais eficientes na China, e isso também seria um benefício para o mercado brasileiro.

Algumas montadoras multinacionais com fábrica no Brasil não produzem modelos subcompactos e compactos, mas oferecem um portfólio de veículos diversificado em outros países. A Toyota, por exemplo, produz vários modelos subcompactos e

compactos no mercado europeu, mas não se especializou no Brasil nos segmentos menores. A Mitsubishi é outra montadora especializada em comerciais leves¹⁸⁶, que dispõe de um mix de veículos mais diversificado em outros mercados.

A terceira razão da escolha deste padrão é que ele apresenta dois benefícios em relação à estrutura do padrão japonês, que atualmente é considerado um padrão eficaz por vários pesquisadores. A primeira é que o padrão fornece mais flexibilidade de inovação ou desenvolvimento tecnológico na classe de peso que for mais custo-efetiva ao fabricante. A segunda vantagem já mencionada é que há estímulo de exceder a meta em uma ou mais classes de peso para compensar em outra classe que apresente veículos menos eficientes.

A demanda por carros de maior peso e potência continuará presente no mercado chinês. Para atender a esta demanda, o fabricante pode introduzir tecnologias avançadas, tais como a produção de modelos híbridos em segmentos de maior porte, bem como em outras classes de peso.

4. Abrangência do padrão na frota de veículos leves

Em geral, padrões de eficiência energética com um escopo de atuação amplo, abordando diferentes tipos de veículos, tendem a ter mais êxito em reduzir o consumo de combustível da frota. A exclusão dos veículos com peso entre 8.500 a 10.000 libras da regulação do CAFE gerou uma das piores distorções do mercado automotivo norte-americano. Várias montadoras começaram a fabricar grandes SUVs e picapes, sem nenhuma preocupação com a eficiência energética. Outro exemplo de distorção do mercado criada por diminuição do escopo de atuação do padrão ocorreu na China, com a implantação da fase 1 e 2. A falta de regulação do padrão chinês para os automóveis importados resultou na importação de grande número de veículos nos últimos anos. A fase 3 do padrão incorporou os automóveis importados, bem como os SUVs que eram classificados na categoria que possuía padrões menos rígidos.

No Brasil, o programa de padronização deveria abranger todos os veículos leves nacionais e importados, comercializados no país. Porém, as diferenças de poder calorífico entre a gasolina e o etanol precisariam ser levadas em consideração na elaboração das metas do padrão de eficiência energética. Como foi visto no capítulo 6,

¹⁸⁶ Pajero, L200, Outlander, em várias versões.

três-quartos dos veículos flexfuel são abastecidos com etanol. Desta forma, recomenda-se que existam metas de consumos diferentes para veículos a gasolina e veículos flexfuel. A meta para os veículos flexfuel pode ser proporcional a diferença de poder calorífico entre os dois combustíveis, cerca de 30% menos rígidas.

5. Sistema de penalidades e monitoramento

O regulamento deve dispor de penalidades e sanções para as empresas que não cumprirem o padrão. A regra que estabelece o sistema de penalidade é uma parte essencial do regulamento. Se o sistema falha ou não é suficientemente forte, todo o regulamento poderá falhar. Portanto, as sanções devem ser suficientemente elevadas para assegurar que o padrão seja cumprido.

Na União Européia, caso o fabricante não atenda a meta limite de emissões, uma multa será aplicada conforme o número de gramas por quilometro excedidos pela média da frota do fabricante, multiplicada pelo número de veículos vendidos. Entre 2012 a 2018, as multas para a primeira, segunda e terceira grama por quilômetro excedida são de €5, €15 e 25€, respectivamente. A partir de 2019, cada grama excedida custará €95 multiplicada pelo número de veículos novos (EC, 2009).

O estabelecimento do padrão também requer uma estrutura administrativa adequada que tenha um sistema de monitoramento de dados para acompanhar o atendimento da meta pelos fabricantes, e, se for o caso, aplicar devidamente a sanção ou multa. A multa deve ser revisada caso não produza os resultados esperados, bem como a cada reajuste do padrão.

A estrutura de monitoramento do CAFE é adequada, porém a multa deveria ter sido ajustada nos últimos anos. O estudo de SHIAU et al (2009) considera que o reajuste da multa é fundamental para o alcance da nova meta de eficiência energética combinada de 35,5 mpg proposta pela administração Obama (NHTSA, 2010).

6. Sistema de flexibilidades

Segundo ONADA (2008), a presença de algumas flexibilidades na regulação do padrão, tais como o estabelecimento de um sistema de créditos, permite o estabelecimento de metas mais rígidas que serão alcançadas a um menor custo para os fabricantes.

Um padrão como o chinês para o Brasil associado a um sistema de créditos negociáveis entre as montadoras poderia ser uma forma de regulação custo-efetiva e indutora de inovações. A compra e venda de créditos¹⁸⁷ poderia diminuir os custos do atendimento ao padrão pelas montadoras, mas também seria um incentivo ou prêmio aos fabricantes que conseguissem exceder os limites mínimos da meta, já que poderiam obter uma receita a partir destes créditos.

Isto também poderia incentivar a criação de uma montadora brasileira de carros híbridos e elétricos, que teria além da receita da venda de veículos, a venda de créditos para outras montadoras que não atingissem o padrão. A presença desta flexibilidade exige que a meta do padrão seja rigorosa, como é o caso do padrão europeu.

Porém, ONADA (2008) também aponta alguns argumentos que dificultam o sistema de créditos. Um deles está associado à dificuldade de gerenciar o sistema de créditos de forma eficiente. A implantação deste mecanismo requer que toda a informação referente ao registro do veículo esteja disponível em pouco tempo a agência ou instituição do governo encarregada de monitorar tal sistema.

Atualmente, o Japão permite troca de créditos dentro da frota de cada fabricante, mas os créditos obtidos na superação do padrão em uma classe de peso são reduzidos à metade quando aplicados em outra classe. O padrão norte-americano ainda em vigor permite troca de créditos dentro de cada uma das categorias de veículos (automóveis domésticos, automóveis importados, comerciais leves) para cada fabricante.

A nova proposta de padronização da União Européia permite troca de créditos entre as montadoras, assim como a nova proposta do padrão norte-americano permitirá troca de créditos entre a frota de automóveis e comerciais leves, e troca de créditos entre as montadoras. Em relação à China, não há troca de créditos entre as montadoras.

7. Prazo de Implantação

A definição do prazo para o padrão ser atingido é um fator importante, pois está relacionado ao custo de introdução de novas tecnologias e ao tempo de desenvolvimento de novos modelos. Um prazo adequado pode contribuir para a diminuição do custo de

¹⁸⁷ Créditos obtidos pelas montadoras a partir da superação das metas de eficiência energética do padrão, conforme foi apresentado no capítulo 4.

atendimento ao padrão para os fabricantes, na medida em que é mais vantajoso economicamente introduzir as tecnologias durante o projeto e desenvolvimento de um novo produto. Portanto, se o prazo for menor que o ciclo de desenvolvimento de um novo modelo, o padrão irá requerer que os fabricantes introduzam as tecnologias nos modelos existentes, o que pode ser economicamente inviável. Além disso, uma vez que os fabricantes estão em diferentes pontos no ciclo de produção, um prazo curto poderá sobrecarregar alguns dos fabricantes (ONADA, 2008).

Segundo PLOTKIN (2009), o tempo que compreende o desenvolvimento de produtos até a sua venda no mercado leva em média cinco anos. Os riscos e incertezas do processo de inovação levam as montadoras a introduzir uma nova tecnologia aos poucos, em um limitado número de modelos, avaliando o seu desempenho por alguns anos. Se a introdução da nova tecnologia for bem sucedida, a sua difusão em outros modelos da frota da montadora poderá levar no mínimo mais cinco anos (PLOTKIN, 2009).

A introdução de tecnologias que já estão na fase de comercialização tem um ciclo de desenvolvimento de produto mais reduzido, mas a sua trajetória de aplicação das tecnologias depende de um significativo número de fatores condicionantes, que incluem os custos e a facilidade de aplicação da tecnologia na linha de produção (a tecnologia é apenas um componente que pode ser adicionado ao carro ou precisa ser cuidadosamente integrada aos sistemas do veículo), a competição entre os fabricantes (aquisição da tecnologia por outro fabricante competidor), presença de políticas de incentivo tecnológico e da capacitação tecnológica do fabricante (PLOTKIN, 2009; NASCIMENTO et al, 2009).

A seguir são apresentadas na tabela 8.1 as características básicas de padrão de energética veicular recomendado para o Brasil.

Tabela 8-1: Características do Programa de Padronização

Características do programa de padronização		Motivo da escolha
Tipo de padrão	Padrão médio	O padrão médio oferece mais flexibilidade ao fabricante para selecionar o nível de desempenho para cada modelo, e não em cada produto comercializado.
Tipo de atributo	Peso	O peso é o atributo que possui maior correlação com o consumo específico de combustível. Divisão da frota em várias classes de peso, conforme o padrão chinês e japonês.
Abrangência	Todos os veículos leves comercializados no país	O padrão deve abranger os veículos do ciclo Otto e Diesel, nacionais e importados. A experiência internacional mostrou que quanto maior a abrangência menor a possibilidade de distorção do mercado, como ocorreu nos Estados Unidos (veículos com peso entre 8500 lb a 10.000 lb) e na China (veículos importados e SUVs).
Parâmetro de eficiência energética	Autonomia por litro (km/l)	Parâmetro que o consumidor brasileiro tem maior familiaridade
Modo de implantação	Compulsório	A experiência internacional comprovou que padrões compulsórios são mais eficazes
Penalidades	Rígidas, principalmente se o programa de padronização oferecer flexibilidades	Sanções brandas podem por em risco a efetividade do programa
Flexibilidades ao atendimento ao padrão	Sistema de créditos	Estimula a inovação e premia as empresas que superarem a meta do padrão. O sistema de créditos pode diminuir a barreira de entrada de empresas inovadoras.
Prazo de implantação	A definição do prazo depende do grau de rigidez do padrão. Recomenda-se cinco anos a partir do anúncio oficial do regulamento.	Prazo médio de desenvolvimento de um novo modelo

Fonte: Elaboração própria

8.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, este capítulo identificou três objetivos que orientam as políticas selecionadas para a frota nacional veículos leves: a difusão de novas tecnologias de caráter incremental; a introdução de tecnologias avançadas na nova frota e a contenção do aumento de peso, tamanho e potência dos novos veículos. Com base nestes objetivos, foram propostas seis medidas baseadas nos instrumentos de *demand-pull* e duas políticas baseadas no modelo *technology-push* (qualificação profissional e financiamento a linhas de montagem de veículos eficientes a juros subsidiados), que foram sumarizadas na tabela 8.2.

Tabela 8-2: Quadro resumo das opções das medidas que elevem a eficiência energética veicular através da inovação e difusão de novas tecnologias

Tipo de Política	Medidas Governamentais	Motivo do estabelecimento da medida	Tempo de aplicação¹⁸⁸ e de efeito/resultado da medida	Observação
Revisão do programa de etiquetagem veicular	- Programa Compulsório - Sistema de comparação absoluta - Divulgação do programa em site próprio do PBEV	- Disponibiliza informação de consumo de combustível para o consumidor - Pode conscientizar e influenciar a compra de carros mais eficientes - Introdução de tecnologias incrementais nos carros de passeio devido à maior demanda por carros mais econômicos	Aplicação no curto prazo, resultado no longo prazo	- Menor efetividade do programa na indução de tecnologias mais avançadas (veículos híbridos e elétricos) comparado a outros instrumentos - Resultados podem demorar a ser percebidos - Não contera a tendência da indústria na fabricação de carros mais potentes e de grandes dimensões
Incentivos Fiscais	- Diferenciação da alíquota do IPI somente conforme o sistema de propulsão do veículo - Diminuição da alíquota de importação para os carros híbridos e elétricos - Diminuição do IPVA para veículos leves elétricos e híbridos	- Incentivo a venda de carros elétricos e híbridos. - Maior importação de veículos híbridos e elétricos	Aplicação imediata e resultados no curto e médio prazo	- Menor arrecadação na esfera federal com o imposto de importação e na esfera estadual com o IPVA - Com a eliminação da menor alíquota do IPI para os carros flexfuel, tal medida pode gerar renda aos cofres públicos que poderá ser utilizada em outros programas, tais como a disposição de linhas de financiamento para a fabricação de carros híbridos e elétricos
Linhas de financiamento para veículos eficientes e novos componentes automotivos para carros mais eficientes	Financiamento através do BNDES de linhas de montagem de veículos elétricos e híbridos e desenvolvimento de novas tecnologias pela indústria de autopeças	- Estímulo a linhas de produção no Brasil de veículos híbridos e elétricos - Estímulo ao maior investimento em P&D para o desenvolvimento tecnológico em componentes que elevem a eficiência energética	Aplicação imediata, resultado no médio prazo.	Caso o capital do financiamento não seja aplicado corretamente no desenvolvimento destas tecnologias, pode haver desperdício de dinheiro público

¹⁸⁸ O prazos denifidos foram: curto prazo 2 a 3 anos, médio prazo 5 a 8 anos anos, longo prazo acima de 8 anos.

Isenção da taxa anual de licenciamento para veículos eficientes	- Isenção da taxa para veículos híbridos e veículos elétricos - Isenção da taxa para veículos com classificação A no programa de etiquetagem -pagamento de taxa para carros ineficientes	-Estímulo a compra de carros mais eficiente e desestímulo a compra de carros menos eficientes	Aplicação imediata, resultado imediato	-Menor arrecadação na esfera estadual - Aumento da visibilidade pelo consumidor do programa de etiquetagem veicular - A efetividade da medida depende da taxa cobrada aos carros ineficientes
Compras governamentais	Equipar uma parte da frota oficial com carros híbridos, elétricos e plug-ins.	- Promoção dos carros elétricos e híbridos	Aplicação imediata/curto prazo, resultados no médio prazo	Criação de infra-estrutura dentro dos prédios oficiais
Esquema de <i>Feebates</i>	-Pagamento de uma taxa para carros ineficientes e recebimento de um desconto para carros mais eficientes	- Estímulo a compra de veículos mais eficientes e desestímulo aos carros ineficientes - O sistema pode se associar a outros programas, tais como um programa de etiquetagem veicular -O programa pode se auto-financiar, pois é formulado para ter uma receita neutra para o Estado na medida em que as cobranças equilibram os descontos	Aplicação e no curto prazo, resultado imediato	-É necessária a coordenação eficiente do programa por uma agência governamental - Deve haver somente um ponto de pivot para o sistema de feebate - Requer uma previsão cuidadosa de como as taxas ou descontos são calculados
Qualificação Profissional	- Expansão no número de egressos em cursos de nível superior nas áreas de engenharia e em ciências exatas. - melhoria do ensino básico - cursos técnicos para a mão-de-obra da indústria de autopeças - Maior financiamento à pesquisa de novos sistemas de propulsão nas universidades	-A capacitação de profissionais de nível técnico contribui para o acúmulo de competências das empresas de autopeças e para o desenvolvimento tecnológico de componentes dos veículos híbridos. -Maior disponibilização de profissionais com curso superior para atuar nos departamentos de P&D das montadoras.	Aplicação no curto prazo, mas resultado no médio ou longo prazo.	- Esta medida também beneficia outros setores da economia (não apenas a indústria automobilística).
Padrão de eficiência energética	- Estabelecimento de um padrão médio conforme a seção 8.5.1	-Pode exigir maior esforço da indústria automobilística para introduzir novas tecnologias. -Estímulo a introdução de tecnologias avançadas	Aplicação no médio prazo, resultados no curto/médio prazo.	- Podem causar distorções de mercado, caso a regulação não for bem formulada. - Geram forte oposição dos agentes envolvidos.

Fonte: Elaboração própria

As políticas recomendadas neste capítulo também apresentam o propósito de se complementar visando à eficiência energética veicular. O programa de etiquetagem, por exemplo, pode interagir com as políticas de incentivo fiscais, bem como complementar um padrão de eficiência energética. A política de financiamentos em P&D pode diminuir os custos privados dos investimentos em novas tecnologias que deverá ser requerido por um padrão de eficiência energética.

A pesquisa de campo identificou que há resistência das montadoras em investir em outros sistemas de propulsão no Brasil. Desta forma, além do aumento incremental da eficiência energética veicular da frota, as medidas propostas neste capítulo também visam superar o *lock-in* tecnológico do padrão dominante de motor de combustão interna convencional, tanto do lado da oferta (fabricantes) quanto da demanda (consumidores).

Conforme foi apresentado no capítulo 7, houve uma grande dificuldade para se estabelecer um acordo entre as montadoras e as instituições do governo para a introdução do PBEV, que apresenta regras flexíveis para a indústria automobilística brasileira.

À luz das entrevistas realizadas com as montadoras e com os integrantes das instituições do governo, observa-se que a introdução de um padrão de eficiência energética no Brasil será uma iniciativa que demandará um empenho maior do governo brasileiro para o fechamento de um acordo com as montadoras. Neste sentido, a política de incentivo ao P&D para a indústria automotiva, por meio da disponibilização de linhas de financiamento para a produção de componentes e instalação de linhas de montagem de carros eficientes poderá ser uma das formas de viabilizar tal acordo, diminuindo os riscos e custos elevados associados ao desenvolvimento tecnológico que um padrão de eficiência energética irá requerer.

CAPÍTULO 9: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1 CONCLUSÕES

À luz dos instrumentos de *demand-pull* e *technology-push* apresentados no capítulo 2, este trabalho procurou identificar políticas que possam estimular à inovação e difusão de novas tecnologias visando ao aumento da eficiência energética dos veículos leves no Brasil.

Conforme foi visto no capítulo 6, o mercado automotivo brasileiro está em plena expansão. Nos últimos cinco anos, a estabilização macroeconômica, o aumento da renda disponível e a crescente oferta de crédito, levaram a um aumento expressivo das vendas internas de novos veículos. Nos últimos dez anos, o perfil do veículo novo vendido no País tem convergido gradativamente em direção a veículos maiores e mais potentes, com pouca atenção a eficiência energética.

Contudo, o estabelecimento de políticas públicas que estimulam a introdução de novas tecnologias automotivas é uma alternativa para diminuir a intensidade energética do setor de transporte. O capítulo 3 mostrou que há diversas opções tecnológicas de caráter incremental e radical à disposição dos fabricantes de automóveis, e que já foram aplicadas nos mercados automotivos de diferentes países. Nem todas as tecnologias são economicamente viáveis atualmente, mas podem ser progressivamente inseridas na frota através da introdução de políticas que possam diminuir os custos e riscos tecnológicos dos fabricantes, bem como aumentar a demanda do consumidor por veículos mais eficientes.

Neste sentido, em 2009, o governo brasileiro implantou o programa de etiquetagem veicular. O capítulo 7 buscou averiguar se tal política pode melhorar a eficiência energética dos veículos leves, além de induzir a introdução de novas tecnologias de caráter incremental e radical na frota brasileira.

A partir dos resultados da pesquisa de campo realizada com os oito maiores fabricantes de automóveis do País, esta tese conclui que é fundamental uma revisão no regulamento do programa brasileiro de etiquetagem veicular para que este cumpra seu propósito – contribuir para o aumento da eficiência energética da nova frota de veículos leves

nacional. Para tanto, o programa deve abranger todos os veículos leves do ciclo Otto, e não somente 50% dos modelos da frota de cada fabricante. Esta regra do PBEV continua refletindo a falta de transparência das montadoras em declarar uma informação que deveria constar nos manuais dos automóveis.

Outra regra do PBEV que dever ser revisada consiste na mudança do tipo de comparação da frota, que deve ser feita de forma absoluta. O PBEV foi elaborado para atingir os veículos leves do ciclo Otto, que em sua maioria, são utilizados como carros de passeio no Brasil. A comparação absoluta da frota é a forma mais eficaz de indicar os modelos mais eficientes, principalmente se o programa de etiquetagem for adotado como base para outras políticas baseadas na classificação do consumo energético, conforme foi discutido no capítulo 7.

A pesquisa de campo constatou que não há obstáculos que justifiquem a falta de participação dos fabricantes ao PBEV, assim como o limitado número de modelos certificados. Desta forma, constatou-se que a adesão ao programa é uma decisão baseada na estratégia competitiva e de marketing da empresa. Dado que o programa não é compulsório, existem empresas que não querem declarar informações dos veículos menos eficientes, e prejudicar sua imagem perante o público consumidor.

Por outro lado, as entrevistas com as montadoras revelaram que há interesse destas empresas de destacar os modelos que apresentem maior autonomia por litro em cada categoria. Isso mostra que pode haver um aumento de competição entre as montadoras no desenvolvimento de modelos mais eficientes, caso o programa seja compulsório e amplamente divulgado ao público consumidor.

A revisão do PBEV é um primeiro passo na direção de uma frota mais eficiente. Tal programa diminuirá a assimetria de informação que existe no mercado automotivo e poderá influenciar progressivamente o consumidor a comprar carros mais econômicos. Entretanto, a tese também constatou que um programa de etiquetagem apresenta limitações, tanto em relação ao controle do crescimento do consumo de combustível na frota brasileira de veículos leves, como uma política que estimule a inovação tecnológica. Outras políticas baseadas nos modelos de *demand-pull* e *technology-push* devem atuar em conjunto com o PBEV para alterar o padrão de consumo do consumidor

e estimular o desenvolvimento tecnológico na indústria automobilística em favor da eficiência energética veicular.

Cabe ressaltar que uma agência de eficiência energética poderia ser criada para administrar o PBEV e um futuro padrão de eficiência energética veicular. Mesmo dispondo de uma rede de agentes institucionais que coordenam programas de eficiência energética, tais como o MME, CONPET/PETROBRÁS, INMETRO, ANEEL, PROCEL/ELETROBRÁS, é importante a existência de outro agente responsável pelo acompanhamento da implementação, execução e fiscalização dos programas que fomentam a eficiência energética, especialmente aqueles voltados para o setor de transporte.

Outra análise relevante deste trabalho refere-se à introdução das políticas baseadas no modelo de *demand-pull* que estimularam à difusão de inovações incrementais que modificaram fortemente o perfil e as estratégias da indústria automobilística no Brasil. A introdução destas políticas promoveram quatro modificações no cenário da indústria automobilística brasileira: a alteração da estratégia competitiva dos fabricantes de automóveis no Brasil, a mudança do perfil da frota brasileira de veículos leves, o aumento da capacitação tecnológica da engenharia brasileira e o acúmulo de competências tecnológicas das montadoras e empresas de autopeças no país. As inovações incrementais descritas no capítulo 6 contribuíram consideravelmente para o aprendizado adaptativo e o acúmulo de competências no setor de autopeças, principalmente para as empresas situadas no primeiro nível de fornecimento composto pelos sistemistas.

Constatou-se também no capítulo 6 que as medidas fiscais apresentam uma significativa influência na promoção da inovação na indústria automobilística brasileira. Desta forma, políticas baseadas em incentivos fiscais e outros instrumentos econômicos foram propostos no capítulo 8, visando acelerar o desenvolvimento tecnológico no mercado automotivo brasileiro.

Uma das políticas propostas nesta tese consiste na disponibilidade de linhas de financiamento a partir do BNDES para a construção de linhas de montagem de veículos eficientes. Esta medida pode diminuir as incertezas quanto ao processo de inovação e reduzir os custos privados para a introdução de novas tecnologias.

Esta tese também propõe a introdução de um padrão de eficiência energética no Brasil, dado que a pesquisa de campo indicou um perfil conservador das montadoras de realizar investimentos em tecnologias já difundidas nos mercados avançados. Além disso, constatou-se que os mecanismos de mercado ainda não apresentam força suficiente para as mudanças significativas no desenvolvimento de veículos mais eficientes pela indústria automotiva. Conforme mostrou o capítulo 4, novas estruturas de padrões de eficiência energética foram adotadas nos países da União Européia, Estados Unidos, Japão e China visando reforçar os mecanismos de mercado.

Verificou-se, no quarto capítulo, que os programas de padronização japonês e chinês apresentam um considerável potencial de aumento da eficiência energética da frota de veículos leves. Na União Européia, observa-se um maior esforço das montadoras visando à diminuição das emissões de CO₂ dos veículos de passeio, após a instituição de um padrão compulsório. Desta forma, a experiência internacional mostrou que a introdução de regulamentos mandatórios pode ser uma condição necessária para a efetividade de um padrão de eficiência energética veicular.

Conforme foi discutido no capítulo 6, vários estudos indicam que o desenvolvimento tecnológico das montadoras no país está focada predominantemente nas atividades de desenvolvimento de produtos e processos para atendimento da demanda local, do que na pesquisa tecnológica de ponta ou de longa maturação. A pesquisa de campo confirmou a resistência das montadoras em investir em outros sistemas de propulsão no Brasil. Desta forma, o papel do Estado brasileiro é essencial para alterar a trajetória tecnológica do padrão dominante do motor de combustão interna na direção de alternativas tecnológicas que possam futuramente controlar o crescimento do consumo de combustível na frota de veículos de passeio.

Neste sentido, um padrão formulado para induzir a inovação poderia alterar esta trajetória, e assim diminuir o hiato tecnológico entre os veículos fabricados no País e os veículos vendidos em mercados avançados. O modelo chinês de padrão de eficiência energética foi escolhido por satisfazer os objetivos identificados no capítulo 8 – estimular à inovação e introdução de novas tecnologias e conter o crescimento das vendas de veículos menos eficientes.

É importante destacar que o estabelecimento de um programa de padronização veicular não é a única alternativa para o aumento da eficiência energética na frota de veículos

brasileira, nem tampouco a principal medida para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Outras medidas são tão importantes quanto à adoção de padrões de eficiência e as outras políticas de *demand-pull* propostas neste trabalho. Tais medidas incluem a expansão da oferta de transporte público, aumento do fator de carregamento dos veículos, a adoção de programas de inspeção e manutenção veicular, o uso de pneus mais eficientes, restrições impostas à circulação de veículos, um melhor gerenciamento do tráfego, entre outras.

9.2 RECOMENDAÇÕES

Uma recomendação para uma futura pesquisa seria o detalhamento das tecnologias que poderiam ser introduzidas pelas montadoras na frota brasileira e os investimentos necessários para as montadoras e a indústria de autopeças se adaptarem à meta de eficiência de consumo proposta pelo padrão. Tecnologias que incrementam especialmente a eficiência energética dos veículos flexfuel, tais como a razão de compressão variável e sistemas híbridos dispondo da tecnologia flexfuel devem ser analisados com maior detalhamento.

As análises descritas na seção 4.2 – análise de engenharia, análise de mercado, impactos econômicos do programa de padronização nos consumidores e fabricantes – também podem ser realizadas em trabalhos acadêmicos futuros, contribuindo assim para o desenvolvimento de um programa de padronização veicular no Brasil.

Outro estudo futuro poderia abordar a valoração dos benefícios sócio-ambientais da aplicação de um padrão de eficiência energética nos moldes do padrão chinês para o caso brasileiro. O estudo poderia ser desenvolvido através da análise quantitativa de emissões de poluentes evitadas a partir do estabelecimento do programa de padronização veicular.

Outro desdobramento futuro deste trabalho diz respeito ao cálculo da redução de consumo de etanol e gasolina pela frota de veículos leves, e o posicionamento da

indústria de petróleo e sucroalcooleira diante da adoção de um padrão de eficiência energética.

Por último, recomenda-se também uma pesquisa sobre o conhecimento dos consumidores quanto ao programa de etiquetagem veicular, e a influência da etiqueta sobre a decisão de compra do consumidor. Tal estudo também pode medir a evolução do PBEV quanto à eficiência energética dos novos veículos leves.

REFERÊNCIAS

- ABERNATHY, W; CHAKRAVARTHY, B., 1979. "Government intervention and innovation in industry: a policy framework". *Sloan Management Review* (spring 1979), pp. 3-18.
- ABREU, A. A., RIBEIRO, S. K., 2006. "Evaluation of potential reductions in carbon dioxide emissions through the introduction of flex-fuel technology in brazil's light vehicle fleet". *XVI International Symposium on Alcohol Fuels*. TR.021. Rio de Janeiro, novembro de 2006
- ABREU, A. A., 2007. *Medidas de eficiência energética como instrumento de mitigação do aquecimento global no setor de transportes rodoviário brasileiro*. Tese de Doutorado D.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ACEA, 2010. Overview of CO₂ based motor vehicle taxes in the EU. Disponível em: <www.acea.be>. Acesso em abril de 2010.
- ACNRE, 2007. Final report of joint meeting between the automobile evaluation standards subcommittee of the Advisory Committee for Natural Resources and Energy and the Automobile Fuel Efficiency Standards Subcommittee, Automobile Transport Section, Land Transport Division of the Council for Transport Policy. Disponível em : http://www.eccj.or.jp/top_runner/pdf/vehicles_gasdiesel_feb2007.pdf.
- ADAC, 2005. "Study On The Effectiveness Of Directive 1999/94/EC Relating To The Availability Of Consumer Information On Fuel Economy and CO₂ Emissions In Respect Of The Marketing Of New Passenger Cars - Final Report". ADAC, Munchen.
- ÅHMAN, M., 2006. "Government policy and the development of electric vehicles in Japan". *Energy Policy*, v. 34, pp. 433-443.
- ALMEIDA, L.T., 1998. *Política ambiental: Uma análise econômica*. Fundação Editora da Unesp. Campinas, SP.
- AMANN, J. T., LANGER, T., KLIESCH, J., 2007. Environmental performance labels vehicles: context and findings of market research for the U.S. Environmental Protection Agency. ACEEE Report T071, April 2007.
- AN, F., GORDON, D., HE, H., DODJAK, D., RUTHERFORD, D., 2007. *Passenger vehicle greenhouse gas and fuel economy standards: a global update*. ICCT, julho 2007.

ANFAVEA – Associação de Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2009. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira* 2008. Disponível em: <www.anfavea.com.br>.

ANFAVEA, 2010. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira* 2009. Disponível em: www.anfavea.com.br.

ARTHUR, B., 1989. “Competing technologies, increasing returns and lock-in by historic events”. *Economics Journal* 99, 116-131.

AVELLAR, A. P, 2007. “Avaliação do Impacto do PDTI sobre o gasto em atividades de Inovação e em P&D das empresas industriais”. DE NIGRE, J. A., KUBOTA, L. C. In: *Políticas de Inovação Tecnológica no Brasil*. Brasília, 2008.

BALASSIANO, R., 2004. Um procedimento metodológico para priorização de intervenções de gerenciamento da mobilidade. *Revista Cetrama (UFBA)*, Salvador, v.1, pp. 27-34.

BALES, M. P., 2009. Entrevista com o representante da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

BANDIVADEKAR et al, 2008. *On the Road: Reducing Transportation's Petroleum Consumption and GHG Emissions*. Massachusetts Institute of Technology.

BASTIN, C., MACHADO, G., SZKLO, A., ROSA, L.P., 2006. A demanda de petróleo na China II: incertezas críticas. In: *anais do XI Congresso Brasileiro de energia – CBE*. 2006.

BORBA, B., 2008. *Metodologia de regionalização do mercado de combustíveis alternativos no Brasil*. Tese de Mestrado, M.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BOEHM, F., 2007. Regulatory capture revisited – lessons from economics of corruption. Internet Centre for Corruption Research (ICGG). Working Paper nº 22.

BRADLEY, T. H., FRANK, A. A., 2009. “Design, demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles”. *Renewable and Sustainable Energy Review* 13, pp. 115-128.

CAMPOS, A. L, 2006. “Ciência, Tecnologia e Economia”. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.

CARNEY, D., 2008. “Combustão Interna: a próxima geração”. *Revista Engenharia Automotiva e Aeroespacial*, edição 34, ano 2008.

CARVALHO, R., 2008. Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular. Apresentação da palestra proferida por representante do CONPET/PETROBRÁS na COPPE em novembro de 2008.

CASSIOLATO, J. E., 1999. “A economia do conhecimento e as novas políticas industriais e tecnológicas”. In. LASTRES, H. ALBAGLI, S. (orgs.). *Informação e Globalização na Era do Conhecimento*. Rio de Janeiro, Campus, 1999.

CATARC, 2007. Evaluation of effectiveness and impact of Chinese National Standards for passenger cars’ fuel consumption limits.

CETESB, 2008. *Relatório de qualidade do ar em São Paulo 2008*. Companhia Ambiental do estado de São Paulo. São Paulo.

CHAU, K. T, WONG, Y. S. “Overview of power management in hybrid electric vehicles”. *Energy Conversion and Management* 43, pp. 1953-1968.

CHRISTIANSEN, A.C., 2001. *Tecnological change and the role of public policy: an analytical framework for dynamic efficiency assessments*. FNI Report 4/2001, Lysaker, Norway: The Fridtj of Nansen Institute, 28p.

CONSONI, F. L., 2004. *Da tropicalização ao projeto de veículos: um estudo das competências em desenvolvimento de produtos nas montadoras de automóveis no Brasil*. Tese de Doutorado, D.Sc., UNICAMP, Campinas.

COOMBS, R. SAVIOTTI, P., WALSH, 1987. *Economics and Technological Change*. Ed. Rowman & Littlefield Publishers, 1987.

COSTA, I., 1998. *O setor de autopeças no Brasil: desafios e mudanças na década de noventa*. Dissertação de Mestrado, M.Sc., UNICAMP, Campinas.

COWAN, R. 1996. “Escaping Lock-in: the Case of the Electric Vehicle”. *Technology Forecasting and Social Change* 53, pp. 61-80

CUENOT, F, 2010. “CO₂ emissions from new cars and vehicle weight in Europe: How the EU regulation could have been avoided and how to reach it?” *Energy Policy* 37, pp. 3832-3842.

DIAMOND, D., 2009. “The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states”. *Energy Policy* 37, pp. 972-983.

DIAS, A., SALERNO, M. Novos padrões de relacionamento entre montadoras e autopeças no Brasil: algumas proposições. Iautomotivo: a plataforma da web da indústria automotiva, p.p. 1-6, 30 julho 2001.

- 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.
- EC, 2007. Questions and answers on the proposed regulation to reduce CO₂ emissions from cars. European Commission. Memo/07/597.
- EC, 2008. Revisions of the CO₂ cars labeling Directive 1999/94/EC. European Commission, June 2008.
- EC, 2009. Regulation (EC) n° 443/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. Official Journal of the European Communities.
- EGAN, C., WAIDE, P., 2005. A multi-country comparative evaluation of labelling research. ECEEE 2005 Summer Study.
- EPA, 2009. New energy tax credits for hybrids. Disponível em: <www.fueleconomy.gov>.
- EPA, 2010a. New and upcoming hybrids. Disponível em <www.fueleconomy.gov>.
- EPA, 2010b. Regulatory Announcement. Office of Transportation and Air Quality. EPA-420-F10-014, abril de 2010.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2009. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017*. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro.
- EPE, 2010. *Análise da conjuntura dos biocombustíveis*. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro
- FIGUEIREDO, S., 2006. *O carro a álcool: uma experiência de política pública para a inovação no Brasil*. Tese de Mestrado, M. Sc.. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- FONTARAS, G. SAMARAS, Z., 2010. “On the way to 130 g CO₂/km – estimating the future characteristics of the average European passenger car”. *Energy Policy* 38, 1826-1833.
- FREEMAN, C., 1974. *The Economics of Industrial Innovation*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- FREEMAN, C., 1994. “The economics of technical change”. *Cambridge journal of Economics*, v. 18, pp. 463-514.

FRENETTE, G., FORTHOFFER, D., (2009). “Economic & commercial viability of hydrogen fuel cell vehicles from an automotive manufacture perspective”. *International Journal of hydrogen energy*, v. 34, pp. 3578-3588.

FRIEDMAN, D., 2003. *A new road: the technology and potencial of hybrids vehicles*. USC Publications. Cambrigde, MA.

FURTADO, A., 2006. “Difusão tecnológica: um debate superado?”. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.

GAO, 2007. *Reforming fuel economy standards could help reduce oil consumption by cars and light trucks, and other options could complement these standards*. Relatório de agosto de 2007.

GAO, 2009. *Plug-in vehicles offer potential benefits, but high costs and limited information could hinder integration into the federal fleet*. United Sates Government Accountability Office. Relatório de junho de 2009.

GAO, 2010a. *NHTSA and EPA’s partnership for setting fuel economy and greenhouse gas emissions standards improved analysis and should be maintained*. United States Government Accountability Office. Relatório de fevereiro de 2010.

GAO, 2010b. *Lessons learned from cash for clunkers program*. United States Government Accountability Office. Relatório de abril de 2010.

GELLER, H., 2003. *Revolução Energética: políticas para o futuro sustentável*. 1ª ed. Rio de Janeiro. Relume Dumará.

GELLER, H., HARRINGTON, P., ROSENFELD, A. H., TANISHIMA, S., UNANDER, F., 2006. “Policies for increasing energy efficiency: thirty years of experience in OECD countries”. *Energy Policy* , v. 34, pp. 556-573.

GOLDEMBERG, J., COELHO, S. T., LUCON O., 2004. “How adequate policies can push renewable”, *Energy Policy* 32, pp. 1141-1146.

GREENE, D.L., PATTERSON, P.D., SINGH, M., LI, J., 2005. “Feebates rebates and gas-guzzler taxes: a study of incentives for increased fuel economy”. *Energy Policy* 33, pp. 757–775.

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

HADDAD, J.; AGUIAR, S.C. (Organizadores). *Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios*, Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL; Agência Nacional do Petróleo ANP, 1999.

- HAAN, P., MUELLER, M.G., SCHOLZ, R.W., 2009. "How much do incentives affect car purchase? Agent-based microsimulation of consumer choice of new cars - Part II: Forecasting effects of feebates based on energy-efficiency". *Energy Policy* 37 (9), pp.1083-1094.
- HIGACHI, H., 2006. "A abordagem neoclássica do progresso técnico". In: Pelaez, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.
- HOSHI, A., 2007. Japan's fuel efficiency regulation for vehicles – integrated approach for the maximum CO₂ reduction. In: Workshop on Ecodriving. International Transport Forum, November 2007.
- ICCT, 2010. Proposed phase III fuel consumption targets for passenger cars in China. ICCT Policy update nº 4, 15/01/2010.
- IEA, 2006. *World Energy Outlook 2006*, OECD Publications, Paris.
- IEA, 2007. *World Energy Outlook 2007*, OECD Publications, Paris.
- IEA, 2008. *World Energy Outlook 2006*, OECD Publications, Paris.
- IEA, 2009. *Technology roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. OECD Publications, Paris.
- INMETRO, 2009. Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>.
- IAC - InterAcademy Council, 2007. *Lighting the way: toward a sustainable energy future*. Outubro 2007. Disponível em: < www.interacademycouncil.com >.
- JOSEPH, H., 2009. Entrevista com o presidente da Comissão de Assuntos de Energia e Meio Ambiente da ANFAVEA.
- KASSERIS, E. 2006. *Comparative analysis of automotive powertrain: choices for the near to mid-term future*. Dissertação de Mestrado, M.Sc.. Massachussets Institute of Technology.
- KASSERIS, E., HEYWOOD, J. B., 2007. "Comparative analysis of automotive powertrain: choices for the next 25 years". 2007 SAE World Congress. SAE technical paper series nº 2007-01-1605, Detroit, abril de 2007.
- KATZ, J., 1976. Importación de tecnología, aprendizaje Local y Industrialización Dependiente. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.
- KIMURA, O., 2009. Japanese Top Runner approach for energy efficiency standards. SERC Discursion Paper 09035.

KUNERT, U., KUHFIELD, H., 2007. “The diverse structures of passenger car taxation in Europe and the EU Commissions proposal for reform”. *Transport Policy* 14, pp. 306-316.

LAFFONT, J.J., TIROLE, J., 1991. “The politics of government decision-making: a theory of regulatory capture”. *Quarterly Journal of Economics*, v. 106, pp. 1089-1127.

LANGER, T., 2005. Vehicle efficiency incentives: an update on feebates for states. Report nº T051. American Council for an Energy-Efficiency Economy.

LA ROVERE, R., 2006. “Paradigmas e trajetórias tecnológicas”. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.

LASTRES, H. FERRAZ, J.C., 1999. “Economia da Informação, do conhecimento e do aprendizado”. In. LASTRES, H. ALBAGLI, S. (orgs.). *Informação e Globalização na Era do Conhecimento*. Rio de Janeiro, Campus, 1999.

LUNDVALL, 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; Nova York: Columbia University Press, 1988.

MACKENZIE, D., BEDSWORTH, L., FRIEDMAN, D., 2005. Fuel economy fraud: closing the loopholes that increase U.S. oil dependence. Union of Concerned Scientists, agosto, 2005.

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. 2006.

MANDEL, S., 2009. “Policies towards a more efficient car fleet”, *Energy Policy* 37, pp. 5184-5191.

MCKINSEY (2009). *Roads toward a low-carbon future: Reducing CO₂ emissions from passenger vehicles in the global road transport system*. Mckinsey & Company, Inc. Nova York.

MCMANUS, W., 2007. “Economic analysis of feebates to reduce greenhouse gas emissions from light vehicles for California”. UMTRI - University of Michigan Transportation Research Institute, maio 2007.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2008. Portaria nº 391, de 4 de novembro de 2008. Brasília-DF, 2008.

MENDES, F., 2004. *Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil*. Tese de Doutorado, D.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MME, 2010. *Balanço Energético Nacional (ano base 2009)*. Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF.

MOREIRA, J., GOLDEMBERG, J., 1999. "The alcohol program". *Energy Policy* 27, 229–245.

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, 2009. *Real prospects for Energy efficiency in the United States*. National Academy Press, Washington, DC

NASCIMENTO, P., YU, A., QUINELLO, R., 2009. "Exogenous factors in the development of flexible fuel cars as a local dominant technology". *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 4, pp. 110-119.

NELSON, R.; WINTER, S., 1982. *An Evolucionary Theory of Economic Change*. Ed. Harvard University Press, 1982.

NEMET, G. F., 2009. "Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change". *Research Policy* 38, pp. 700-709.

NEW YORK TIMES, 2009. As hybrids bus get cheaper, cities fill their fleets. Disponível em: www.nytimes.com/2009/10/22/automobile/autospecial2/22bus.html. Acesso em 20/09/2009.

NIVEN, R.K., 2005. "Ethanol in gasoline: environmental impacts and sustainability energy review". *Renewable & Sustainable Energy Review* 9, pp. 535-555.

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration, 2010 a. *Summary of fuel performance*. Relatório de abril de 2010. Disponível em : < <http://www.nhtsa.com/fuel-economy>>.

NHTSA, 2010 b. *NHTSA and EPA establish new national program to improve fuel economy and reduce greenhouse gas emission for passenger cars and light trucks*. CAFE and GHG emission fact sheet. Disponível em: < <http://www.nhtsa.com/fuel-economy>>.

NOGUEIRA, L. A. H., BRANCO, G. M., 2005. *Promovendo a eficiência energética nos automóveis brasileiros*. CONPET/PETROBRAS. Rio de Janeiro, Junho, 2005.

NOVGORODCEV, A. (2009). Entrevista com o coordenador técnico do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular.

NRC, 2002. *Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy Standards*. National Academy Press, Washington, DC.

NRC, 2006. *Tires and passenger vehicle fuel economy*. Transportation Research Board, Special Report 286. National Academy Press, Washington, DC

NRC, 2008. *Assessment of Technologies for improving light duty vehicle economy*. National Academy Press, Washington, D

NIGRO, F., SZWARC, A., 2009. “Etanol como combustível veicular: perspectivas tecnológicas e propostas de políticas públicas”. UNICA- União da Indústria de Cana-de-Açúcar, São Paulo.

OCDE (1997). *Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*. 2 ed. OCDE: Statistical Office of the European Communities, 1997.

OCKWELL, D., WATSON, J., MACKERRON, G., PAL P., YAMIN, F., 2008. “Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries”. *Energy Policy* 36, pp. 4104-4115.

OLIVER, H.H., GALLAGHER, K.S. et al, 2009. “China’s fuel economy standards for passenger vehicles: Rationale, policy process, and impacts”. *Energy Policy*, v. 37, pp. 4720-4729.

ONODA, T., 2008. *Review of international policies on vehicle fuel efficiency*. IEA Information Paper, agosto de 2008, IEA/OECD.

ORLANDO, J.P., ALVIM, D. S., YAMAZAKI, A., 2010. “Ozone precursors for the São Paulo Metropolitan Area”. *Science of the Total Environment*, v. 408, pp. 1612-1620.

PESSALI, H. F., FERNÁNDES, R. G. “Inovação e Teoria da Firma”. In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.

PETROBRÁS, 2009. Biocombustíveis em um Contexto Global. Apresentação da palestra proferida por José Sergio Gabrielli no Congresso Ethanol Summit 2009.

PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L., *Microeconomia*. 5ª edição. São Paulo. Ed. Pearson Education do Brasil, 2002.

PLOTKIN, S., 2009. “Examining fuel economy and carbon standards for light-duty vehicles”. *Energy Policy*, v. 37, pp. 3843-3853.

POSSAS, M. L., “Concorrência Schumpeteriana”. In: KUPFER, D. HASENCLEVER, L. *Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Editora Campos-Elsevier, 2002.

- QUADROS, R., CONSONI, F. L., 2009. "Innovation Capabilities in the Brazilian automobile industry: a study of vehicle assembler's technological strategies and policy recommendations". *International Journal of Automotive Technology and Management* v.2, pp. 53-75.
- QUEIROZ, S., 2006. "Aprendizado Tecnológico". In: PELAEZ, V., SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, 2006.
- QUINTÃO, 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.
- RAIMUND, W., FICKL, S., 1999. *Energy Efficiency of Passenger Cars: Labeling and its Impacts on Fuel Efficiency and CO₂-Reduction*. Austrian Energy Agency.
- RYAN, L., FERREIRA, S., CONVERY, F (2009). "The impact of fiscal and other measures on new passenger car sales and CO₂ emissions intensity: Evidence from Europe". *Energy Economics* 31, pp. 365-374.
- SALERNO, M., 2009. The impacts of the crisis on the Brazilian automotive industry. In: 17th Gerpisa International Colloquium, 2009, Paris. Sustainable Development in the Automobile Industry: Changing Landscapes. Paris: Gerpisa, 2009. pp. 1-13.
- SCHIPPER, L. FULTON, L., 2008. "Disappointed by diesel? The impact of the shift to diesels in Europe through 2006". *Transportation Research Board* 2139, pp. 1-10.
- 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.
- SILVA, O., FISCHETTI, D., 2008. *Etanol: a revolução verde e amarela*. Bizz Comunicação e Produções, 2008. São Paulo.
- SHIAU, C. S. N., Samaras, C; Hauffe, R., Michalek, J., 2009. "Impact of battery weight and charging patterns on the economic and environmental benefits of plug-in hybrid vehicles". *Energy Policy* 37, pp. 2653-2663.
- SHIAU, C. S. N., MICHALEK, J; HENDRICKSON, C.T., 2009. "A structural analysis of vehicle design responses to Corporate Average Fuel Economy policy". *Transportation Research Part A*, v. 43, pp. 814-828.

SOUZA, 2006. *Panoramas Oportunidades e Desafios para o Mercado mundial de álcool automotivo*. Tese de Mestrado, M.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SZKLO, A., SCHAEFFER, R., SCHULLER, M., CHANDLER, W., 2005. “Brazilian energy policies side-effects on CO₂ emissions reduction”. *Energy Policy* v. 33, pp. 349–364.

SZKLO, A., SCHAEFFER, R., DELGADO, F., 2007. “Can one say ethanol is a real threat to gasoline?”. *Energy Policy*, v. 35, pp. 5411-5421.

TEIXEIRA, E. C., 2005. O desenvolvimento da tecnologia flex-fuel no Brasil. Instituto DNA Brasil. São Paulo, outubro de 2005.

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

T&E - Transport and Environment, 2009. *Reducing CO₂ Emissions from New Cars: A study of Major Car Manufacturers Progress in 2008*. European Federation for Transport and Environment, Brussels.

THE ECONOMIST, 2009a. Jump-starting the car industry: how generous is your country’s car scrappage scheme? Revista The Economist, 11 de agosto de 2009.

THE ECONOMIST, 2009b. A catalytic conversion. The big three discover greenery on the road to Washington. Revista The Economist, 27 de novembro de 2008.

THE ECONOMIST, 2009c. Mandy’s promise. Revista The Economist, 29 de janeiro de 2009.

TURRENTINE, T. S., KURANI, K. S., 2007. “Car buyers and fuel economy?”. *Energy Policy*, v. 35, pp. 1213-1223.

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

UTTERBACK, J. M. 1996. *Dominando a Dinâmica da Inovação*. Rio de Janeiro. Qualitymark Editora, 1996.

VEDUNG, E., 1998. “Typologies and Theories”. In: BEMELMANS-VIDEC, M., RIST, R, VEDUNG, E. (1998) *Carrots, sticks & sermons: police instruments and their evaluation*, New Brunswick and London: Transaction Publishers.

WAHNSCHAFFT, R., HUH, K., 2001. *Effective implementation of fuel-economy labeling for passenger cars: experiences from the USA, Sweden and Republic of Korea*. ECEE Sumer Study, Paris.

- WANG, Z., JIN, Y., WANG, M., WU, W., 2010. "New fuel consumption standards for Chinese passenger vehicles and their effects on reductions of oil use and CO₂ emissions of the Chinese passenger vehicle fleet". *Energy Policy*, v. 38, pp. 5242-5250.
- WIEL, S., MACMAHON, J., 2003. "Governments should implement energy-efficiency standards and labels cautiously". *Energy Policy*, v. 31, pp. 1403 -1415.
- WIEL, S., MACMAHON, J., 2005. *Energy efficiency labels and standards: a guidebook for appliances, equipment, and lighting*. 2nd edition. Washington, DC.
- ZERVAS. E., 2010. "Analysis of the CO₂ emissions and of the other characteristics of the European market of new passenger cars. 1. Analysis of general data and analysis per country". *Energy Policy*, v. 38, pp. 5413-5425.
- ZERVAS. E., 2010. "Analysis of the CO₂ emissions and of the other characteristics of the European market of new passenger cars. 2. Segment analysis". *Energy Policy*, v. 38, pp. 5426-5441.
- ZERVAS. E., 2010. "Analysis of the CO₂ emissions and of the other characteristics of the European market of new passenger cars. 3. Brand Analysis". *Energy Policy*, v. 38, pp. 5442-5456.
- ZERVAS, E. LAZAROU, C., 2008. "Influence of European passenger cars weight to exhaust CO₂ emissions". *Energy Policy*, v. 36, pp. 248-257.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO E RELAÇÃO DE ENTREVISTADOS

I-Identificação do Entrevistado

Nome:
Cargo ou Função:
Empresa:

II – Impacto do PBEV no desenvolvimento ou aplicação de novas tecnologias	SIM	NÃO
---	-----	-----

1. Houve algum impacto do programa de etiquetagem veicular (PBEV) no desenvolvimento de produtos de sua empresa? Em caso afirmativo, cite quais foram.		
2. Haverá algum impacto no curto prazo?		
3. Sua empresa já introduziu alguma tecnologia ou equipamento ou componente visando melhorar a classificação no programa de etiquetagem? Em caso afirmativo, cite quais foram.		
4. O senhor considera que o programa irá acelerar a introdução de novas tecnologias pela indústria automobilística no Brasil?		
5. A sua montadora considera o PBEV como uma oportunidade de melhorar a imagem da empresa?		

III - Questões sobre a elaboração do PBEV	SIM	NÃO
---	-----	-----

6. O senhor achou que o programa foi bem elaborado?		
7. O programa possui mais pontos positivos do que negativos?		
8. O programa tem pontos negativos? Quais são os principais?		
9. O PBE apresenta obstáculos para a adesão das montadoras de automóveis? Em caso afirmativo, cite quais são.		
10. A sua empresa irá aderir ao PBE no curto prazo?		

IV - Questões sobre o desenvolvimento tecnológico do veículo flexfuel	SIM	NÃO
---	-----	-----

11. A eficiência do motor flexfuel irá melhorar significativamente com a introdução de novas tecnologias? Cite quais são as tecnologias.		
12. A empresa fabrica carros com a plataforma totalmente desenvolvida no Brasil?		
13. Sua empresa tem investido no Brasil em tecnologias que aumentam a eficiência energética dos motores do ciclo Otto? Cite quais são:		
14. A empresa mantém algum tipo de cooperação com universidades, institutos de pesquisa públicos ou utilizou financiamento público para investimentos em P&D?		

V- Questões sobre a introdução dos veículos híbridos no País	SIM	NÃO
--	-----	-----

15. O PBEV contribuirá para a introdução do carro híbrido no Brasil?		
16. Há dificuldades de fabricação dos automóveis elétricos e híbridos no mercado europeu e americano? Cite quais são:		
17. Os carros híbridos serão introduzidos no Brasil inicialmente via importação?		
18. A introdução do carro híbrido se dará no curto prazo?		
19. A indústria de autopeças atualmente instalada no Brasil tem capacidade tecnológica de prover os sistemas e componentes do carro híbrido?		

VI- Pesquisa das tecnologias

20. Das tecnologias citadas abaixo, quais serão aplicadas na frota de veículos leves brasileiros* ² ?	Prazo de aplicação		
Tecnologias	Curto* ¹	Médio	Longo
Downsizing do Motor e Supercharging			
Injeção Direta			
HCCI - Homogeneous Charge Compression-Ignition			
Comando Variável de Válvula (VVT&L)			
Variador do Tempo de Válvula (VVT)			
Desativação de Cilindros			
Motor sem Árvore de Cames (CVA)			
Razão de Compressão Variável (VCR)			
Transmissão Variável Contínua (CVT)			
Transmissão automática em seis velocidades			
Redução do coeficiente de arraste aerodinâmico (Cx)			
Resistência de rolamento (pneus)			
Redução da massa do veículo			
Sistema elétrico do veículo mais avançado ($\geq 42V$)			
Partida integrada/gerador (ISG).			
Outras:			

*¹ Algumas destas tecnologias já estão sendo aplicadas na frota (diminuição da resistência de rolamento, redução de massa do veículos).

*² A montadora PSA não respondeu a este item (pergunta nº 20) do questionário.

Relação de Entrevistados Fabricantes de Automóveis – Empresa e Cargo

Empresa	Cargo do entrevistado
VW	Gerente da Área de Laboratório de Emissões e Motores
GM	Diretor Industrial
	Gerente de Engenharia de Produto
	Gerente de Relações Governamentais
Ford	Gerente de Engenharia de Produto
	Engenheiro da Área de Sustentabilidade, Meio ambiente e Segurança
	Engenheiro da Área de Engenharia - R&A
Fiat	Diretor de Produção e Exportação
	Gerente de Relações Institucionais
Renault	Gerente de Área de Certificação e Regulação
PSA	Engenheiro da área de Regulamentação, Homologação e Normas
Honda	Diretor Industrial
Toyota	Engenheiro da Área de Certificação e Regulação

Relação de Entrevistados – Instituição e Função

Instituição	Função do entrevistado
INMETRO	Coordenador do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
CETESB	Setor de operações, programas e regulamentações da CETESB
ANFAVEA	Presidente da Comissão de Assuntos de Energia e Meio Ambiente da ANFAVEA.
CONPET	Coordenador do CONPET

ANEXO B – TABELAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VEICULAR

ANO 2011 - Tabela de Consumo/ Eficiência Energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Categoria Subcompacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)	
					Sim (S) Não (N)		Etanol (km/l)		Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	
FIAT	Uno	Mille Fire Economy 2P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,9	12,7	10,7	15,6	A
FIAT	Uno	Mille Fire Economy 4P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,9	12,7	10,7	15,6	A
FIAT	Uno	Mille Way Economy 2P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,4	12,1	9,5	13,6	C
FIAT	Uno	Mille Way Economy 4P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,4	12,1	9,5	13,6	C
FIAT	Novo Uno	Vivace Evo	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,3	12,3	9,4	14,5	B
FIAT	Novo Uno	Way Evo	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	6,6	10,1	7,8	12,0	E
FIAT	Novo Uno	Attractive Evo	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,7	8,2	13,2	E
FIAT	Novo Uno	Way Evo	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,3	8,7	12,6	E
FIAT	Palio	Fire Economy 2P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	7,9	12,2	9,7	14,8	C
FIAT	Palio	Fire Economy 4P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	7,9	12,2	9,7	14,8	C
FIAT	Palio	ELX Flex 2P	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	8,2	12,1	E
FIAT	Palio	ELX Flex 4P	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	8,2	12,1	E
FIAT	Palio	Attractive 1.4	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,2	10,6	8,5	12,5	E
FIAT	500	Sport	1.4 - 16V	M-6	S	E	G	\	10,2	\	12,2	E
FORD	Ka	-	1.0 - 8V	M-5	S	M	F	8,1	11,6	9,2	13,5	C
KIA	Picanto	EX3 LX3	1.0 - 12V	M-5	S	E	G	\	12,4	\	14,8	B

Categoria Compacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
								Sim (S) Não (N)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)	
FIAT	Siena	Fire	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,2	12,0	9,8	14,1	A
FIAT	Siena	EL Flex	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,4	10,4	8,8	12,8	C
FIAT	Siena	Attractive 1.4	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,3	10,7	8,0	12,0	D
FORD	Fiesta Rocam	-	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	9,7	8,4	12,4	D
RENAULT	Sandero	Authentique Expression	1.0 - 16V	M-5	N	M	F	8,0	12,1	8,8	13,0	B
VOLKSWAGEN	Gol G4	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	7,4	10,5	8,6	12,3	C
VOLKSWAGEN	Gol	Ecomotion	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,4	12,0	9,8	14,1	A
VOLKSWAGEN	Gol	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,4	10,8	9,5	14,1	B
VOLKSWAGEN	Gol	1.6 L Power Rallye	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	9,4	13,7	C
VOLKSWAGEN	Gol	I-Motion Power I-Motion Rallye I-Motion	1.6 - 8V	MTA-5	S	H	F	7,1	10,5	9,4	13,8	C
VOLKSWAGEN	Polo	BlueMotion	1.6 - 8V	M-5	S	E-H	F	7,4	10,7	10,5	15,0	B
VOLKSWAGEN	Polo	1.6 L Sportline	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,2	9,4	8,1	12,1	E

Categoria Médio

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)		Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	
FORD	New Fiesta	SE	1.6 - 16V	M-5	S	E	F	7,5	11,0	9,3	13,9	B
KIA	Soul	EX LX	1.6 - 16V	A-4	S	E	G	\	10,8	\	13,1	C
KIA	Soul	EX LX	1.6 - 16V	M-5	S	E	G	\	10,3	\	11,9	E
RENAULT	Logan	Authentique Expression	1.0 - 16V	M-5	N	M	F	8,0	12,1	8,8	13,0	A
RENAULT	Symbol	Expression Privilege	1.6 - 16V	M-5	S	H	F	7,5	10,8	8,4	12,8	C
VOLKSWAGEN	Voyage	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,4	10,8	9,5	14,1	B
VOLKSWAGEN	Voyage	1.6 L Trend Comfortline	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	9,4	13,7	C
VOLKSWAGEN	Voyage	I-Motion Trend I-Motion Comfortline I-Motion	1.6 - 8V	MTA-5	S	H	F	7,1	10,5	9,4	13,8	C
VOLKSWAGEN	Polo Sedan	1.6 L Comfortline	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,2	9,4	8,1	12,1	E

Categoria Grande

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (nº)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)		Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	
FORD	Fusion	Hybrid	2.5 - 16V	CVT	S	E	G	\	12,6	\	13,1	A
FORD	Focus Hatch	1.6L	1.6 - 16V	M-5	S	H	F	6,4	9,4	8,5	11,8	C
FORD	Focus Sedan	1.6L	1.6 - 16V	M-5	S	H	F	6,4	9,4	8,5	11,8	C
FORD	Focus Hatch	2.0L	2.0 - 16V	M-5	S	E-H	F	6,1	9,0	7,8	11,6	D
FORD	Focus Sedan	2.0L	2.0 - 16V	M-5	S	E-H	F	6,1	9,0	7,8	11,6	D
KIA	Cerato	EX3 LX3 SX3	1.6 - 16V	M-6	S	H	G	\	10,6	\	13,8	A
KIA	Cerato	EX3 LX3 SX3	1.6 - 16V	A-6	S	H	G	\	10,3	\	13,3	A
KIA	Carens	EX2 LX2	2.0 - 16V	A-4	S	H	G	\	8,5	\	11,2	D
RENAULT	Fluence	Dynamique	2.0 - 16V	M-6	S	E	F	6,9	10,2	9,2	14,1	A
RENAULT	Megane Grand Tour	Expression Dynamique	1.6 - 16V	M-5	S	E	F	6,3	9,7	8,2	12,8	C
TOYOTA	Corolla	GLI XLI	1.8 - 16V	M-6	S	E	F	7,0	10,2	9,6	13,5	A
TOYOTA	Corolla	GLI XLI	1.8 - 16V	A-4	S	E	F	7,1	10,5	9,1	13,3	A
VOLKSWAGEN	Jetta	-	2.5 - 20V	A-6	S	E	G	\	8,4	\	9,8	E
VOLKSWAGEN	Passat	2.0 T Comfortline	2.0 - 16V	A-6	S	E	G	\	8,0	\	11,0	E

Categoria Carga Derivado

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Contínua (CVT)				Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)	
					Sim (S) Não (N)	Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Etanol (km/l)		Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	
FIAT	Fiorino	Furgão	1.3 - 8V	M-5	N	M	F	7,0	10,3	7,8	11,3	C
FIAT	Strada	Fire Flex	1.4 - 8V	M-5	N	M	F	7,3	10,6	8,2	12,0	B
FIAT	Strada	Fire CE Flex	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,6	7,7	11,5	C
FIAT	Strada	Trekking Flex	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,0	10,3	7,6	11,2	C
FIAT	Strada	Trekking CE Flex	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,0	10,3	7,6	11,2	C
FIAT	Strada	Working CD	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	6,6	9,3	7,0	10,6	E
FIAT	Strada	Adventure Flex	1.8 - 16V	M-5	S	H	F	6,5	9,3	7,3	10,6	E
FIAT	Strada	Adventure CD	1.8 - 16V	M-5	S	H	F	6,5	9,3	7,3	10,6	E
FIAT	Strada	Trekking CE Flex	1.8 - 16V	M-5	S	H	F	6,7	9,4	8,0	11,8	D
FORD	Courier	L XL	1.6 - 8V	M-5	S	M	F	7,0	9,7	8,4	12,1	C
VOLKSWAGEN	Saveiro	CS CS Trooper	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,7	9,9	8,3	12,3	C
VOLKSWAGEN	Saveiro	CE CE Trooper CE Cross	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,7	9,9	8,3	12,3	C

Categoria Comercial

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria	
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
									Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	Etanol (km/l)		Gasolina (km/l)
FORD	Ranger	Cabine Simples	2.3 -16V	M-5	S	H	G	\	7,3	\	9,0	C	
FORD	Ranger	Cabine Dupla	2.3 -16V	M-5	S	H	G	\	7,3	\	9,0	C	
VOLKSWAGEN	Kombi	Standard Furgão	1.4 - 8V	M-4	N	M	F	5,7	8,2	5,7	8,6	B	

Categoria Fora-de-Estrada

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2011 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
								Sim (S) Não (N)	Etanol (E) Gasolina (G) Flex (F)	Etanol (km/l)	Gasolina (km/l)	
FORD	Ecosport	4WD	2.0 - 16V	M-5	S	H	F	5,3	7,9	6,3	9,2	C
KIA	Sorento	EX2 G17 LX2 G17	2.4 - 16V	A-6	S	H	G	\	8,1	\	11,0	A
TOYOTA	Rav4	-	2.4 - 16V	A-4	S	E	G	\	7,7	\	9,7	C

Observação: Não foram declarados modelos na categoria esportivo

ANO 2010 - Tabela de Consumo/ Eficiência Energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Categoria Subcompacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Contínua (CVT)				Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Cidade (ciclo urbano)		
					Sim (S) Não (N)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)			Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	
FIAT	Mille	Fire Economy 2P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,8	12,4	9,9	14,6	A
FIAT	Mille	Fire Economy 4P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,8	12,4	9,9	14,6	A
FIAT	Mille	Way Economy 2P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,4	12,1	9,5	13,6	B
FIAT	Mille	Way Economy 4P	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	8,4	12,1	9,5	13,6	B
FIAT	Palio	ELX 2P	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	6,9	9,9	7,9	11,5	E
FIAT	Palio	ELX 4P	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	6,9	9,9	7,9	11,5	E
FIAT	Palio	ELX	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,3	10,3	8,0	11,7	E
FIAT	500	Sport	1.4 - 16V	M-6	S	E	G	\	10,2	\	12,2	E
KIA	Picanto	EX3 LX3	1.0 - 12V	M-5	S	E	G	\	12,4	\	14,8	A
KIA	Picanto	EX3 LX3	1.0 - 12V	A-4	S	E	G	\	12,1	\	14,7	A
RENAULT	Clio	Campus 3P	1.0 - 16V	M-5	S	H	F	7,2	11,4	9,0	14,5	C
RENAULT	Clio	Campus 5P	1.0 - 16V	M-5	S	H	F	7,2	11,4	9,0	14,5	C

Categoria Compacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Cidade (ciclo urbano)	Estrada (ciclo rodoviário)			
					Sim (S) Não (N)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)		Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)		
FIAT	Idea	ELX	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	6,5	9,3	7,8	11,3	E
FIAT	Idea	ELX	1.8 - 8V	M-5	S	H	F	6,1	9,0	7,4	10,8	E
FIAT	Punto	ELX	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	6,8	9,8	7,9	11,5	D
FIAT	Siena	Fire	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,3	8,0	12,0	C
FIAT	Siena	EL ELX	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,0	10,1	8,1	11,8	C
FIAT	Siena	ELX	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,3	10,7	8,0	12,0	C
FIAT	Siena	Tetrafuel	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	6,4	9,5	7,5	10,7	E
FIAT	Siena	HLX	1.8 - 8V	M-5	S	H	GNV (km/m³)	10,7		13,2		E
							F	6,3	9,2	7,5	11,2	E
HONDA	Fit	LX LXL	1.4 - 16V	M-5	S	E	F	7,6	11,4	8,7	13,2	A
HONDA	Fit	LX LXL	1.4 - 16V	A-5	S	E	F	7,1	10,8	8,4	12,9	C
HONDA	Fit	EX EXL	1.5 - 16V	M-5	S	E	F	7,2	10,6	8,3	12,3	C
HONDA	Fit	EX EXL	1.5 - 16V	A-5	S	E	F	7,0	10,5	8,6	12,5	C
VOLKSWAGEN	Gol G4	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	N	M	F	7,4	10,5	8,6	12,3	C
VOLKSWAGEN	Gol	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,4	10,8	9,5	14,1	A
VOLKSWAGEN	Gol	1.6 L Power	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	9,4	13,7	B
VOLKSWAGEN	Gol	I-Motion	1.6 - 8V	MTA-5	S	H	F	7,1	10,5	9,4	13,8	B
VOLKSWAGEN	Polo	BlueMotion	1.6 - 8V	M-5	S	E-H	F	7,4	10,7	10,5	15,0	A

Categoria Médio

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Contínua (CVT)		Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)		Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)		Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	
FIAT	Palio	Weekend ELX	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	7,8	11,7	D
FIAT	Palio	Weekend Trekking	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,3	7,7	11,2	D
FIAT	Stilo	Dualogic	1.8 - 8V	MTA-5	S	E	F	6,4	9,5	7,3	10,7	E
HONDA	City	LX EX EXL	1.5 - 16V	M-5	S	E	F	7,4	11,1	8,7	12,6	C
HONDA	City	LX EX EXL	1.5 - 16V	A-5	S	E	F	7,5	11,0	9,1	13,9	B
KIA	Soul	EX LX	1.6 - 16V	M-5	S	E	G	\	10,9	\	13,5	B
KIA	Soul	EX LX	1.6 - 16V	A-4	S	E	G	\	10,8	\	13,1	C
RENAULT	Symbol	Expression Privilege	1.6 - 16V	M-5	S	H	F	6,3	10,5	8,3	13,5	D
RENAULT	Logan	Authentique Expression	1.0 - 16V	M-5	N	M	F	7,4	11,5	8,6	13,4	B
RENAULT	Sandero	Authentique Expression	1.0 - 16V	M-5	N	M	F	7,4	11,5	8,6	13,4	B
VOLKSWAGEN	Voyage	1.0 L	1.0 - 8V	M-5	S	H	F	7,4	10,8	9,5	14,1	B
VOLKSWAGEN	Voyage	1.6 L Trend Comfortline	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,4	9,4	13,7	C
VOLKSWAGEN	Voyage	I-Motion	1.6 - 8V	MTA-5	S	H	F	7,1	10,5	9,4	13,8	C

Categoria Grande

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (nº)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)			Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	
FIAT	Linea	T-JET Turbo	1.4 - 16V	M-5	S	H	G	\	9,1	\	10,3	D
HONDA	Civic	LXS	1.8 - 16V	M-5	S	E	F	7,2	10,2	9,7	14,1	A
HONDA	Civic	LXS EXS	1.8 - 16V	A-5	S	E	F	6,5	10,6	8,6	13,9	A
KIA	Carens	EX2 LX2	2.0 - 16V	A-4	S	H	G	\	8,5	\	11,2	E
KIA	Cerato	EX2 LX2 SX2	1.6 - 16V	M-5	S	H	G	\	10,1	\	14,0	A
KIA	Cerato	EX2 LX2 SX2	1.6 - 16V	A-4	S	H	G	\	9,8	\	13,8	A
RENAULT	Megane Sedan	Expression Dynamique	1.6 - 16V	M-5	S	E	F	6,3	9,7	8,2	12,8	C
RENAULT	Megane Grand Tour	Expression Dynamique	1.6 - 16V	M-5	S	E	F	6,3	9,7	8,2	12,8	C
TOYOTA	Corolla	XEI GLI XLI	1.8 - 16V	M-5	S	E	F	6,5	9,4	8,3	12,4	C
TOYOTA	Corolla	SEG XEI GLI	1.8 - 16V	A-4	S	E	F	6,6	9,7	8,6	12,8	C
VOLKSWAGEN	Jetta	-	2.5 - 20V	A-6	S	H	G	\	8,4	\	9,8	E
VOLKSWAGEN	Passat	2.0 T Comfortline	2.0 - 16V	A-6	S	E-H	G	\	8,0	\	11,0	E

Categoria Carga Derivado

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Velocidades (n°)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)	Sim (S) Não (N)			Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	
FIAT	Fiorino	Furgão	1.3 - 8V	M-5	N	M	F	7,0	10,3	7,8	11,3	C
FIAT	Strada	Fire	1.4 - 8V	M-5	N	M	F	7,3	10,6	8,2	12,0	B
FIAT	Strada	Fire CE	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,1	10,6	7,7	11,5	C
FIAT	Strada	Trekking	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,0	10,3	7,6	11,2	C
FIAT	Strada	Trekking CE	1.4 - 8V	M-5	S	H	F	7,0	10,3	7,6	11,2	C
FIAT	Strada	Trekking	1.8 - 8V	M-5	S	H	F	6,2	9,1	7,6	10,7	E
FIAT	Strada	Trekking CE	1.8 - 8V	M-5	S	H	F	6,2	9,1	7,6	10,7	E
VOLKSWAGEN	Saveiro	CS CS Trooper	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,7	9,9	8,3	12,3	C
VOLKSWAGEN	Saveiro	CE CE Trooper	1.6 - 8V	M-5	S	H	F	6,7	9,9	8,3	12,3	C

Categoria Comercial Leve

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Velocidades (n°)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Contínua (CVT)				Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	
VOLKSWAGEN	Kombi	Standard Furgão	1.4 - 8V	M-4	N	M	F	5,7	8,2	5,7	8,6	C

Categoria Fora-de-Estrada

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2010 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
								Sim (S) Não (N)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	
KIA	Sorento	EX2 G17 LX2 G17	2.4 - 16V	M-6	S	H	G	\	8,0	\	10,9	C
KIA	Sorento	EX2 G17 LX2 G17	2.4 - 16V	A-6	S	H	G	\	8,1	\	11,0	C
TOYOTA	Rav4	-	2.4 - 16V	A-4	S	E	G	\	7,8	\	10,0	D

Observação: Não foram declarados modelos na categoria esportivo

ANO 2009 - Tabela de Consumo/ Eficiência Energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem (AJUSTADA).

Categoria Subcompacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (nº)	Ar Cond.	Direção Assistida Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Combustível Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)			Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	
CHEVROLET	Celta 2P	Life Spirit Super	1.0 L	M-5	N	M	F	10,0 (7,7)	14,5 (11,2)	12,8 (9,1)	17,8 (12,7)	C
CHEVROLET	Celta 4P	Life Spirit Super	1.0 L	M-5	N	M	F	10,0 (7,7)	14,5 (11,2)	12,8 (9,1)	17,8 (12,7)	C
CHEVROLET	Celta 4P	Life Spirit Super	1.4 L	M-5	N	M	F	9,6 (7,4)	14,2 (11,0)	12,8 (9,1)	19,1 (13,6)	C
FIAT	Mille	Way Economy 1.0 Flex	1.0 8V Fire	M-5	N	M	F	10,8 (8,3)	15,7 (12,1)	13,2 (9,4)	19,2 (13,6)	A
FIAT	Palio 2P	Novo ELX 1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5	S	H	F	8,8 (6,9)	13,0 (10,1)	10,8 (7,7)	16,0 (11,5)	E
FIAT	Palio 4P	Novo ELX 1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5	S	H	F	8,8 (6,9)	13,0 (10,1)	10,8 (7,7)	16,0 (11,5)	E

FIAT	Palio 2P	Novo 1.8R Flex	1.8 8V	M-5	S	H	F	7,7 (6,1)	11,2 (8,9)	10,1 (7,2)	15,0 (10,7)	E
FIAT	Palio 4P	Novo 1.8R Flex	1.8 8V	M-5	S	H	F	7,7 (6,1)	11,2 (8,9)	10,1 (7,2)	15,0 (10,7)	E
KIA	Picanto	EX3 LX3	1.0	M-5	S	E	G		16,2 (12,4)		21,0 (14,8)	A
KIA	Picanto	EX3 LX3	1.0	A-4	S	E	G		15,8 (12,1)		20,8 (14,7)	A

Categoria Compacto

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
					Sim (S) Não (N)			Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	
CHEVROLET	Classic	Life Spirit Super	1.0 L	M-5	S	H	F	8,7 (6,8)	13,0 (10,2)	12,0 (8,5)	18,0 (12,8)	D
CHEVROLET	Corsa	Joy Maxx Premium	1.4 L	M-5	S	H	F	8,6 (6,7)	13,0 (10,2)	11,7 (8,3)	18,0 (12,8)	D
CHEVROLET	Prisma	Joy Maxx	1.0 L	M-5	N	M	F	9,7 (7,5)	14,4 (11,2)	12,8 (9,1)	18,4 (13,1)	B
CHEVROLET	Prisma	Joy Maxx	1.4 L	M-5	S	H	F	9,0 (7,0)	13,4 (10,4)	12,4 (8,8)	18,6 (13,2)	C
FIAT	Idea	ELX 1.4 Flex	1.4 8V Fire	M-5	S	H	F	8,1 (6,4)	11,8 (9,3)	10,8 (7,7)	15,7 (11,3)	E
FIAT	Punto	1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5	N	H	F	8,9 (6,9)	13,2 (10,3)	11,2 (8,0)	17,0 (12,1)	C

FIAT	Siena	Novo HLX 1.8 Flex	1.8 8V	M-5	S	H	F	7,8 (6,2)	11,7 (9,2)	10,3 (7,4)	15,6 (11,2)	E
HONDA	Fit	LX LXL	1.4L - 16V	M-5	S	E	F	9,8 (7,6)	14,8 (11,4)	12,3 (8,7)	18,6 (13,2)	A
HONDA	Fit	LX LXL	1.4L - 16V	A-5	S	E	F	9,2 (7,1)	14,0 (10,8)	11,8 (8,4)	18,2 (12,9)	B
HONDA	Fit	EX EXL	1.5L - 16V	M-5	S	E	F	9,2 (7,2)	13,7 (10,6)	11,6 (8,3)	17,3 (12,3)	C
HONDA	Fit	EX EXL	1.5L - 16V	A-5	S	E	F	9,0 (7,0)	13,5 (10,5)	12,0 (8,6)	17,6 (12,5)	C
VOLKSWAGEN	Gol	1.0 L	1.0	M-5	S	H	F	9,5 (7,4)	13,9 (10,8)	13,5 (9,6)	19,9 (14,1)	A
VOLKSWAGEN	Gol	1.6 L 1.6 Power	1.6	M-5	S	H	F	9,1 (7,1)	13,4 (10,4)	13,2 (9,4)	19,3 (13,7)	B

VOLKSWAGEN	Polo	BlueMotion	1.6	M-5	S	E-H	F	9,5 (7,4)	13,8 (10,7)	14,9 (10,5)	21,2 (15,0)	A
------------	------	------------	-----	-----	---	-----	---	--------------	----------------	----------------	----------------	---

Categoria Médio

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (n°)	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)	
					Sim (S) Não (N)	Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)		Gasolina (km/l)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)	
HONDA	Civic	LXS	1.8L - 16V	M-5	S	H	F	8,3 (6,5)	12,3 (9,6)	11,8 (8,4)	17,5 (12,5)	1
HONDA	Civic	LXS EXS	1.8L - 16V	A-5	S	H	F	8,2 (6,4)	12,0 (9,4)	12,8 (9,1)	18,6 (13,2)	1
VOLKSWAGEN	Voyage	1.0 L	1.0	M-5	S	H	F	9,5 (7,4)	13,9 (10,8)	13,5 (9,6)	19,9 (14,1)	1
VOLKSWAGEN	Voyage	1.6 L 1.6 Trend 1.6 Comfortline	1.6	M-5	S	H	F	9,1 (7,1)	13,4 (10,4)	13,2 (9,4)	19,3 (13,7)	1

Categoria Grande

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria	
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Continua (CVT)				Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Cidade (ciclo urbano)		Estrada (ciclo rodoviário)		
									Sim (S) Não (N)	Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Álcool (km/l)		Gasolina (km/l)
FIAT	Linea	T-JET 1.4 16V TURBO	1.4 16V T-JET	M-5	S	H	G		11,5 (9,1)		14,3 (10,3)	1	
KIA	GCarnival	EX2 LX2	3.8	A-5	S	H	G		7,8 (6,3)		10,6 (7,7)	1	

Categoria Carga Derivado

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão	Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria		
				Manual (M) Automática (A) Automatizada (MTA) Contínua (CVT)				Hidráulica (H) Mecânica (M) Elétrica (E) Eleto-hidráulica (E-H)	Álcool (A) Gasolina (G) Flex (F)	Cidade (ciclo urbano)			Estrada (ciclo rodoviário)	
										Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)		Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)
FIAT	Strada	Nova Trekking 1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5	N	H	F		13,2 (10,3)		15,7 (11,2)	1		

Observação: Não foram declarados modelos nas categorias comercial leve, fora-de-estrada e esportivo

