

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E
ATUÁRIA DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Progresso Tecnológico da Indústria Automobilística Brasileira

Marcus Vinícius Dos Santos Lima

Sob orientação de: Prof. Dr. Cláudio Ribeiro de Lucinda

SÃO PAULO
2021

Marcus Vinícius Dos Santos Lima
Autor

Cláudio Ribeiro de Lucinda
Orientador

Progresso Tecnológico da Indústria Automobilística Brasileira

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

**Orientador: Cláudio Ribeiro de Lucinda
Coordenador: Rafael de Vasconcelos Xavier
Ferreira**

SÃO PAULO
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Marcus

Progresso Tecnológico da Indústria Automobilística Brasileira – São Paulo, 2021.

43 p.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ribeiro de Lucinda.

Monografia (Graduação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.

1.Economia industrial; 2. Desenvolvimento industrial; 3. Indústria automobilística

RESUMO

A indústria automobilística enfrenta uma fronteira de possibilidades tecnológicas que impõe um conflito entre escolhas alternativas das características dos carros a serem ofertados. Com a chegada de uma tecnologia que aumente a eficiência do motor, pode surgir o conflito entre aproveitar o avanço tecnológico na oferta de um carro de maior potência e mesmo consumo de combustível ou alternativamente ofertar um carro de mesma potência e melhor consumo. Também há a introdução de tecnologias que possibilitam o funcionamento dos carros com combustíveis alternativos que a promoção frequentemente está relacionada às ações do governo. O presente trabalho utiliza análises estatísticas não paramétricas em uma base de dados para avaliar como a indústria automobilística brasileira lidou com o avanço tecnológico entre 1980 e 2010. Os resultados obtidos estão de acordo com o já apresentado pela literatura precedente referenciada e corrobora com sugestões já feitas ao acrescentar novas informações quantitativas ao estudo do desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística brasileira.

Palavras-chave: Economia industrial, Desenvolvimento industrial, Indústria automobilística

Classificação JEL: L50, L62, O13

ABSTRACT

The automobile industry faces a frontier of technological possibilities that imposes a conflict between alternative choices regarding the characteristics of the cars to be offered. With the arrival of a technology that increases engine efficiency, a conflict may arise between taking advantage of technological advances in offering a car with greater power and the same fuel consumption, or alternatively offering a car with the same power and better consumption. In addition, there is also the introduction of technologies that enable the operation of cars with alternative fuels, which are often related to government actions. The present work uses non-parametric statistical analyzes in a database to assess how the Brazilian automobile industry dealt with technological advances between 1980 and 2010. The results obtained are in accordance with what was already presented in the previous referenced literature and corroborate with suggestions already made. by adding new quantitative information to the study of the technological development of the Brazilian automobile industry. by adding new quantitative information.

Keywords: Industrial economy, Industrial development, Automobile industry

JEL Classification: L50, L62, O13

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mudança da potência máxima dos volkswagen gol ofertados a cada ano	16
Gráfico 2 - Mudança do peso máximo dos volkswagen gol ofertados a cada ano	16
Gráfico 3 - Mudança do consumo gasolina máximo dos volkswagen gol ofertados a cada ano	16
Gráfico 4 - Mudança do torque máximo dos volkswagen gol ofertados a cada ano	16
Gráfico 5 - Penetração de tecnologias que poderiam alterar a fronteira de possibilidades de produção.....	19
Gráfico 6 - Distribuição de consumo de combustível (km/l) para carros a gasolina, etanol e bicombustíveis, 1980 e 2010.....	19
Gráfico 7 - Distribuição de potência (hp) de combustível para carros a gasolina, etanol e bicombustíveis, 1980 e 2010.....	20
Gráfico 8 - Cilindradas (cm ³) versus potência (hp) dos carros entre 1980 e 2010	19
Gráfico 9 - Mudança da largura dos volkswagen gol ofertados a cada ano.....	21
Gráfico 10 - Mudança do comprimento dos volkswagen gol ofertados a cada ano	21
Gráfico 11 - Distância entre os eixos dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano	21
Gráfico 12 - Mudança da média de peso dos novos carros ofertados.....	22
Gráfico 13 - Mudança da média da largura dos novos carros ofertados	22
Gráfico 14 - Mudança da média do comprimento dos novos ofertados	22
Gráfico 15 - Mudança da proporção dos novos carros ofertados por tipo	23
Gráfico 16 - Consumo de gasolina versus peso, 1980 e 2010, carros a gasolina e bicombustível	24
Gráfico 17 - Consumo de etanol versus peso, 1980 e 2010, carros a etanol e bicombustível	24
Gráfico 18 - Consumo de gasolina versus potência, 1980 e 2010, carros a gasolina e bicombustível	25
Gráfico 19 - Consumo de etanol versus potência, 1980 e 2010, carros a etanol e bicombustível	25
Gráfico 20 - Consumo de gasolina versus torque, 1980 e 2010, carros a gasolina e bicombustível	26
Gráfico 21 - Consumo de etanol versus torque, 1980 e 2010, carros a etanol e bicombustível	26
Gráfico 22 - Quantidade de carros novos por combustível, de 1977 a 2010	27
Gráfico 23 - Quilometragem relativa entre etanol e gasolina, carros novos ofertados em 2003, 2007 e 2010	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média dos atributos de todos novos carros ofertados em 1980 e 2010.....	18
Tabela 2 - Evolução da porcentagem de carros ofertados e vendidos que eram dedicados a etanol entre 1977 e 1996	28

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Revisão de literatura	11
3. Material e método.....	14
4. Resultados.....	16
4.1. Introdução de tecnologias.....	16
4.2. Acompanhamento de mudanças	19
4.3. Mudanças dos tipos de combustível	30
4.4. Escolhas da tecnologia Flex.....	31
5. Conclusão.....	35
Referências	36
APÊNDICE A - A estrutura da base de dados.....	39
APÊNDICE B - A construção da base de dados	41

1. Introdução

O presente trabalho tem como principal objetivo entender o desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística brasileira por meio da reprodução das análises exploradas em Knittel (2011). Como parte desse exercício, é necessário entender as especificidades da indústria do Brasil e aplicar as necessárias adequações com o objetivo de comportar a coexistência dos dois tipos de combustível mais utilizados nos veículos de passeio. Os dois combustíveis utilizados são domesticamente conhecidos como gasolina e etanol, que respectivamente são misturas compostas essencialmente por combustível fóssil e biocombustível obtido a partir da cana de açúcar.

Parte do exercício realizado no presente trabalho inclui o estabelecimento de comparativos com a indústria estadunidense por meio dos resultados apresentados no trabalho de Knittel (2011). Um dos possíveis paralelos é que a indústria brasileira apresentou uma melhoria percentualmente melhor do que a indústria dos Estados Unidos da América (EUA) na média do consumo de combustível dos novos carros ofertados. E que apesar da observação aparentemente positiva, isso não é necessariamente um sinal de que o progresso da indústria brasileira de autos possa ser olhado com otimismo.

Na verdade, pensando em números absolutos das características, a indústria brasileira ainda oferta carros com uma média de consumo pior que a dos EUA. E se deve lembrar que o país norte americano é um dos países que apresenta uma das piores médias de consumo comparando com outros países (BUSSE; KNITTEL; ZETTELMEYER, 2013). No Brasil, em 2010, foram oferecidos carros com consumo pior que os oferecidos em um dos países já conhecido pelo alto consumo de combustíveis, e a situação era ainda pior em 1980.

Para os Estados unidos, entre 1980 e 2010, é observado um crescimento de 18,5% na média de consumo de gasolina dos novos carros ofertados. Tal crescimento é resultado da mudança da medida de consumo de 9,73 km/L em 1980 para 11,53 km/L em 2010 como indicado por Knittel (2011). Já para o caso da indústria brasileira, observamos uma evolução de 27% como resultado de uma mudança de 8,71 km/L em 1980 para 11,05 km/L em 2010.

No mesmo intervalo de tempo, também é possível observar um crescimento nas variáveis de volume interno do motor, peso e potência nos carros ofertados pela indústria brasileira. Entre 1980 e 2010, a mudança da média de potência foi de crescimento de 11% e a mudança da média de volume interno do motor foi de variação negativa de 32%. Assim, podemos observar que, em média, os novos carros passaram a oferecer maior potência por meio de motores menores¹. Tal evolução está relacionada a introdução de novas tecnologias que poderemos observar tanto acompanhando a evolução do carro Volkswagen Gol como também dos dados agregados da indústria.

Entretanto, é observado que existe uma importante mudança no sentido do aumento da oferta de carros maiores pela indústria doméstica ao longo das décadas. Tal mudança pode estar relacionada a uma piora da média de consumo de combustível quando todos os outros fatores que influenciam no consumo são mantidos constantes. Em Knittel (2011), observa-se que para o caso estadunidense há um aumento da participação de camionetas, já para o caso brasileiro é observado o aumento de participação de carros do tipo utilitário esportivos (SUV)². Além disso, também poderemos observar que o tipo de carroceria Hatchback foi ficando maior ao longo das décadas.

Uma das perguntas que nos propomos a responder no presente trabalho é o que aconteceria com as observações das características dos novos carros caso fosse mantida a proporção de tipo de veículos. Para responder tal pergunta, assim como Knittel (2011), também assumiremos que as firmas automobilísticas consideram fatores externos ao escolher qual tipo de veículo ofertar, entre esses fatores pode ser citada a preferência dos consumidores. Um exemplo de tal flexibilidade de escolha foi quando, em 1990, a Ford optou por ofertar o seu modelo Escort unicamente na opção equipada com motor 1.9 nos EUA, mas decidiu por ofertar apenas as opções de motorização 1.6 e 1.8 no Brasil.

Uma última pretensão do presente trabalho é a de relacionar ações do governo na orientação dos rumos que a indústria seguiu. O ProÁlcool é exemplo de programa de

¹ No presente trabalho, “volume interno do motor” está sendo usado para falar sobre a soma dos volumes internos dos cilindros do motor, também podendo ser chamado de “cilindradas”.

² Como SUVs, foram considerados carros de carrocerias do tipo Wagon e Minivan. Alguns exemplos desse tipo de carro são: Chevrolet Tracker, Chevrolet Blazer, Ford Ecosport.

governo que pode ser relacionada a mudanças do tipo de combustível dos carros ofertados ao longo das últimas décadas do século XX. Assim, pretende-se trazer dados quantitativos de oferta da indústria, como por exemplo, a evolução da proporção de carros compatíveis com cada tipo de combustível ao longo das décadas.

2. Revisão de literatura

O entendimento do desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística brasileira passa por alguns campos de estudo já estabelecidos na literatura. Um dos campos de maior abrangência trata do estudo da inovação induzida (NEWELL; JAFFE; STAVINS, 1999; POPP et al., 2002), também há trabalhos que colocam em enfoque a indústria automobilística (BUSSE; KNITTEL; ZETTELMEYER, 2013; KNITTEL, 2011; VERBOVEN, 2002). E ainda, para a realidade brasileira, a existência do etanol ocasiona especificidades que são tratadas por perspectivas distintas em uma ampla gama de trabalhos (ROSILLO-CALLE; CORTEZ, 1998; FERREIRA et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2009).

No campo de estudo da inovação induzida, Newell, Jaffe e Stavins (1999) apresentam uma análise econométrica com dados do catálogo da loja de departamento Sears. Tal estrutura analítica é capaz de identificar características da evolução tecnológica de três bens domésticos de elevado consumo energético. Os autores sugerem que um aumento de preço de energia nas décadas de 1970 e 1980 levou a uma aceleração na redução do consumo de energia dos aparelhos cujas ofertas foram acompanhadas. Além disso, também foi sugerido que os padrões de consumo de energia estabelecidos pelo governo também tiveram impacto significativo no nível de consumo de energia dos novos produtos ofertados.

Ainda no estudo sobre inovação induzida, Popp (2002) utiliza dados de patentes para avaliar os possíveis efeitos das mudanças no preço de energia no surgimento de tecnologias de consumo mais eficiente. Como principal resultado, o trabalho mostra que aumentos de preços de energia têm um forte impacto no surgimento de inovações. Assim, oferecendo mais um indicativo que adotar um mecanismo de preço na energia pode ser uma ferramenta eficaz no esforço de redução da poluição que é resultada do consumo de energia.

E, justamente focado em avaliar o impacto de regulamentações governamentais quanto ao consumo de combustível por carros, encontra-se o trabalho de Knittel (2011). O autor acompanha como a indústria enfrenta os conflitos entre escolhas alternativas impostas pela fronteira tecnológica quanto a potência, torque, peso e consumo dos novos carros que podem ser ofertados. Um dos principais resultados do trabalho é a apresentação de evidências que uma maior rigidez nos limites de consumo impostos

pela regulamentação é capaz de trazer avanço tecnológico nos novos carros ofertados. Além disso, o autor também sugere que a mudança de proporção dos tipos de veículos para uma maior participação de caminhões leves é responsável por um aumento da média de consumo dos novos carros ofertados.

Ainda tratando-se da perspectiva internacional da indústria automobilística, há uma parte da literatura que traz evidências de que o preço dos combustíveis pode impactar as características dos carros demandados. Por exemplo, em Busse, Knittel e Zettelmeyer (2013), são apresentadas evidências de que um aumento no preço da gasolina aumenta a proporção comercializada de carros que estão dentro do quartil de carros mais econômicos e diminui a proporção comercializada de carros que estão no quartil de carros menos econômicos. Em Verboven (2002), é discutida a escolha enfrentada pelos europeus ao decidir entre comprar um carro movido a gasolina ou diesel e como tal escolha envolve tanto o preço inicial do carro quanto a despesa futura com o combustível do carro escolhido.

Quando se fala da indústria automobilística brasileira, não acreditamos que a evolução do preço dos combustíveis e a regulamentação deixam de ser importantes. Entretanto, temos alguns outros fatores específicos da indústria nacional que precisam ser levados em consideração. Importante exemplo de especificidade é a coexistência de dois tipos de combustível, que são conhecidos como gasolina e etanol. Nota-se que a situação brasileira é diferente da europeia estudada por Verboven (2002) com enfoque nos combustíveis gasolina e diesel.

A introdução do etanol como combustível de automotores passa pelo programa governamental conhecido como Proálcool. Em Rosillo-Calle e Cortez (1998), podemos encontrar um estudo que explica as fases do programa como um esforço do governo que tinha objetivo de reforçar a independência energética brasileira. Além disso, também é mostrado como cada fase do programa esteve relacionada ao comportamento do mercado de comercializar uma proporção maior de carros movidos a etanol em períodos nos quais o biocombustível da cana estava em maior disponibilidade. E o de maior comercialização de carros movidos a gasolina quando o combustível de origem fóssil estava em maior disponibilidade no mercado mundial.

No início do ano de 2003, foram introduzidos os veículos bicomcombustíveis no mercado brasileiro, e a forma como as firmas nacionais implementaram a tecnologia

Flex por meio de parcerias com fornecedores é objeto de estudo de trabalhos como Nascimento et al. (2009). Por outro lado, também surgiu um novo conjunto da literatura com o objetivo de estudar o impacto da tecnologia Flex no equilíbrio de preços. Sendo assim, trabalhos como Ferreira et al. (2009) estudam como os agentes reagiram à possibilidade de escolha do combustível direto na bomba do posto, e não mais no momento da compra de um novo carro. Alguns dos resultados apresentadas por Du e Carriquiry (2013) e Ferreira et al. (2009) são evidências de que a chegada dos carros bicomcombustíveis está relacionada a convergência de longo prazo no preço dos dois combustíveis mais frequentemente utilizados nos veículos de passeio em território nacional.

3. Material e método

Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada uma base de dados primários compilados principalmente a partir de duas fontes de conteúdo sobre o mundo automobilístico conhecidas como automobilecatalog.com e carrosnaweb.com.br (ZAL, 2010; CARROS NA WEB, 2002). Foram feitas verificações das informações por meio de cruzamento com outras fontes de natureza distinta tais como revistas nacionais sobre o mundo dos automotores. Eventualmente, também foram feitas complementações por meio das fontes alternativas, e o detalhamento de tal processo pode ser encontradas no apêndice do presente trabalho.

A base foi compilada de modo a apresentar de maneira exaustiva os veículos ofertados pela indústria brasileira entre 1976 e 2016. Os veículos da base que são considerados nas análises são apenas os que, segundo o Art. 96 do Código de Trânsito Brasileiro, são classificados como:

- Veículos “a) de passageiros” do tipo “7 - automóvel”;
- Veículos “c) misto” do tipo “1 – camioneta”; ou
- Veículos “c) misto” do tipo “2 – utilitário”

O registro de cada carro é feito ao nível de variante e adotamos três camadas de especificação: fabricante, modelo e variante. Variante é o nível de maior especificidade, sendo assim, carros dentro de uma mesma variante não possuem diferenças entre si em nenhuma das características observadas (mais explicações podem ser encontradas no apêndice). Modelo é o nível que agrega carros que foram comercializados com o mesmo nome, e fabricante é a firma que produz o carro. Como exemplo, um dos carros Ford Escort ofertado, em 1990, foi a variante chamada Ford Escort GL 1.6 álcool Hatchback que era do modelo Escort e da Fabricante Ford.

Registrar os veículos a nível de variante possibilitou identificar ofertas de um mesmo modelo de veículo que se diferenciem por características técnicas específicas de cada variante. Por exemplo, foi possível diferenciar quando a Chevrolet ofertou, em 1991, o Kadett 2.0 em suas versões GS e GSi que se diferenciavam respectivamente pela presença do sistema de alimentação por carburador e alimentação por injeção direta. Além das tecnologias distintas, em geral, cada variante possui especificações técnicas de peso, potência, torque e consumo próprias.

Devido a todas as diferenças existentes entre variantes de um modelo, poder distinguir cada variante é essencial para que seja feita uma avaliação correta do progresso tecnológico. Sendo ainda mais relevante quando foi observado que o processo de adoção de uma tecnologia é gradual, ou seja, o percentual de penetração de uma tecnologia aumenta gradativamente ao longo dos anos. Sendo também gradativa a adoção das tecnologias dentro de um mesmo modelo.

Mais detalhamentos de formato e informações contidas na base de dados podem ser encontrados nos apêndices do presente trabalho. Por último, a base descrita é aproveitada pelo presente trabalho por meio da aplicação de ferramentas estatísticas não paramétricas.

4. Resultados

Os resultados são apresentados em quatro subseções: “Introdução de tecnologias”, “Acompanhamento de mudanças”, “Mudanças dos tipos de combustível”, e por último, “Escolhas da tecnologia Flex”.

4.1. Introdução de tecnologias

Como já observado por Knittel (2011), os avanços tecnológicos não dependem apenas de introdução de tecnologias no motor, mas também estão relacionados a outros elementos mecânicos como transmissão e suspensão. A transmissão é o sistema responsável por transferir a potência do motor, e quanto mais eficiente for a transmissão, melhor será o aproveitamento da energia gerada pela queima do combustível. Por sua vez, a suspensão é o sistema responsável por equilibrar a massa suspensa dos veículos e está relacionada ao posicionamento do centro de massa que também possui relação com a performance de um carro.

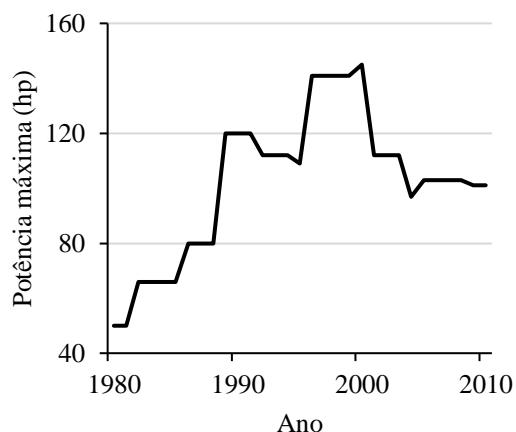
Além das tecnologias já citadas, também podemos indicar a introdução de tecnologias diretamente relacionadas ao motor. Como exemplo, o caso da alimentação por injeção de combustível e a tecnologia Flex Fuel que habilita a possibilidade de o motor operar com gasolina ou etanol. Uma forma de observar a chegada das tecnologias na indústria brasileira é acompanhando a evolução do Volkswagen Gol, um símbolo da indústria nacional.

Os Gráficos 1, 2, 3 e 4 mostram a evolução das características de todos os Volkswagen Gol ofertados a cada ano. Nas representações gráficas foi optado por utilizar os valores máximos entre todas as variantes ofertadas em cada ano para facilitar a legibilidade do gráfico. E ainda, quando o gráfico é elaborado utilizando a média ou mínimo das características das variantes do Volkswagen Gol ofertados são obtidas curvas de formato e dimensões muito semelhantes.

No caso do Gol, a Volkswagen apresentou o modelo em 1980 com tecnologias já ultrapassadas para a época, que com o seu motor de 1285 cm³ refrigerado a ar era capaz de entregar apenas 50 cavalos de potência (Gráfico 1). Mas que com o passar dos anos, o carro com o mesmo nome de uma das paixões nacionais passou a ser o responsável por introduzir novas tecnologias no mercado de carros da indústria nacional. Em 1989, surge a injeção eletrônica na variante GTi 2.0, o que levou a um grande salto de potência (Gráfico 1) e torque máximo (Gráfico 4). E pouco mais do que

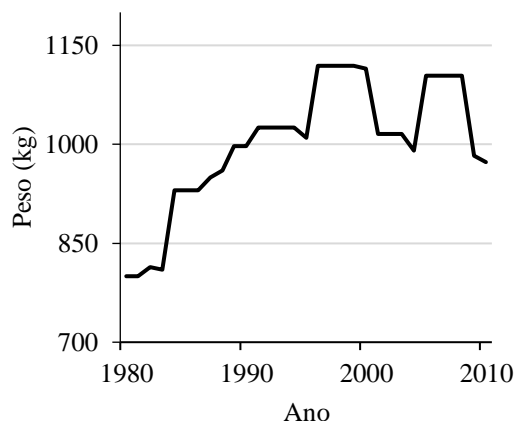
uma década depois, em 2003, surge a tecnologia Flex na variante Gol Power 1.6 equipada com o motor comercialmente chamado de Total Flex.

Gráfico 1 - Mudança da potência máxima dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 2 - Mudança do peso máximo dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano



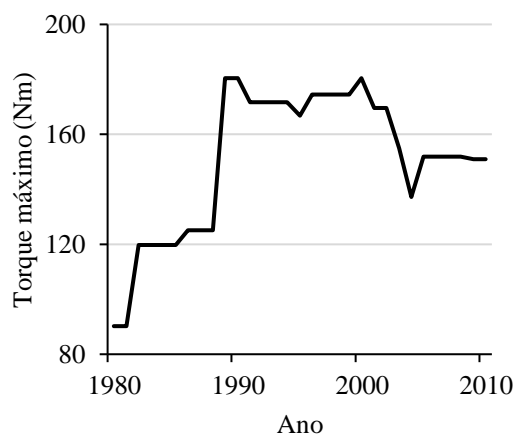
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 3 - Mudança do consumo gasolina máximo dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 4 - Mudança do torque máximo dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano

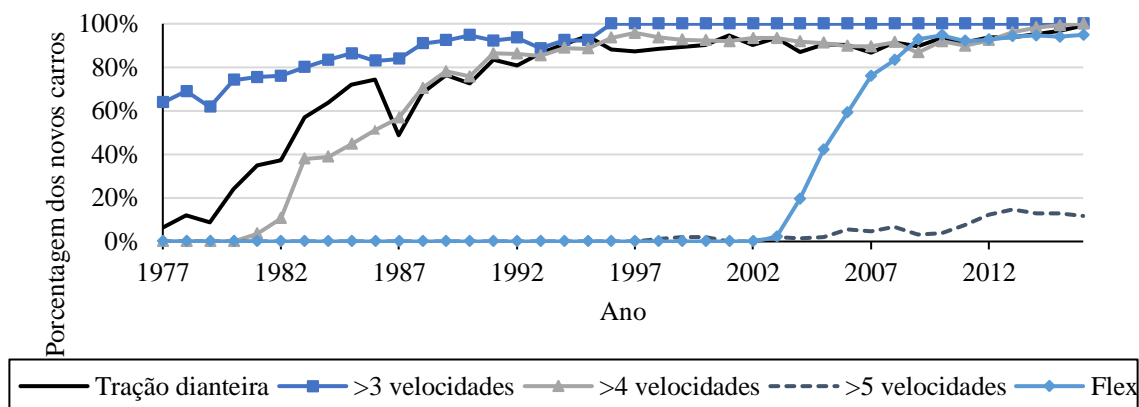


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De modo agregado na indústria brasileira (Gráfico 5), podemos observar uma adoção acelerada de tecnologias a partir de 1977, e cada tecnologia em um ritmo próprio passa a ser o padrão nos novos carros ofertados. Algumas das tecnologias possuem importante papel no nível de aproveitamento da energia gerada pelo motor. Por exemplo, um número maior de velocidades nas transmissões permite uma adequação melhor da relação de giros do motor e velocidade do veículo, assim levando a maior eficiência no consumo de combustível como explicado por Knittel (2011). A

tração dianteira, por sua vez, ajuda na construção de um carro mais leve pela eliminação das partes mecânicas responsáveis pela transferência da potência do motor montado na dianteira para as rodas traseiras do carro.

Gráfico 5 - Penetração de tecnologias que poderiam alterar a fronteira de possibilidades de produção



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Podemos observar, no Gráfico 5, que a partir de 1996, passa a ser totalmente dominante a oferta de carros com câmbio apresentando mais do que três velocidades e o percentual de carros com câmbios com mais do que quatro velocidades passa a oscilar em torno de 92%. A parcela de carros que não apresentam câmbio com mais de quatro velocidades a partir de 1996 é ocupada principalmente por carros de câmbio automático com apenas quatro velocidades. Os carros que são ofertados com câmbio de mais de cinco velocidades a partir de 2003 são, em geral, de preço mais elevado como Chevrolet Captiva Sport V6 2008 e Volkswagen Passat CC 3.6 V6 2009.

É possível observar, também no Gráfico 5, uma curva de adoção da tração dianteira muito semelhante a curva de adoção de câmbio com mais do que 4 velocidades. Ou seja, a partir de 1996, a porcentagem dos carros novos que eram ofertados com tração dianteira oscila em valores próximos a 92%. E a porção complementar composta pelos carros que não são ofertados com tração dianteira é composta por carros de preço mais elevado como a Chevrolet Blazer Tornado 2.4 2006 e Volkswagen Passat CC 3.6 V6 4Motion 2009.

Pelo Gráfico 5, podemos observar, em 2003, a introdução da tecnologia Flex que foi feita por meio da oferta do Volkswagen Gol Power 1.6 equipado com o motor comercialmente nomeado de Total Flex. E, ainda em 2003, na competição pela liderança na corrida da tecnologia Flex, outras firmas também ofertaram carros

bicombustíveis como por exemplo a Chevrolet com o modelo Corsa equipado com o motor comercialmente nomeado de Flexpower. A Fiat também esteve na competição com o seu modelo Palio como responsável por introduzir a tecnologia Flex nos carros da marca.

A adoção da tecnologia Flex foi de maneira tão acelerada, que logo após os primeiros carros bicombustíveis chegarem em 2003, apenas três anos depois, a oferta de carros bicombustíveis já representava mais que 59% da oferta dos novos carros em 2006 (Gráfico 5). Como já relatado por Ferreira et al. (2009), antes da introdução do carro Flex, a readaptação de combustível que podia ser realizada em uma oficina implicava em custos irre recuperáveis e aumento da depreciação dos veículos. Assim, a chegada do carro bicombustível significou que finalmente os consumidores poderiam escolher na bomba de combustível com o que abastecer seu carro, e não mais no momento de aquisição do carro como havia sido desde a década de 70.

Poder operar com dois tipos de combustível significa também que os carros Flex possuem valores de desempenho específicos para quando abastecidos com cada tipo de combustível. Então, analisando os veículos Flex de maneira isolada, sem considerar os carros dedicados a um combustível específico, podemos observar nos novos veículos Flex ofertados em 2010 uma média de potência particular da operação com etanol e gasolina de respectivamente 109 e 105 cavalos de potência máxima. A média do torque também é ligeiramente maior para os veículos Flex ofertados em 2010 quando abastecidos com etanol do que quando abastecidos com gasolina. Por outro lado, os novos veículos Flex ofertados em 2010 apresentam uma média de quilometragem de etanol igual a 71,8% da apresentada pela gasolina, de tal forma que os veículos de etanol e gasolina apresentam um consumo de respectivamente de 8 e 11,1 km/L.

Como fator adicional, os carros Flex são menos eficientes no consumo de etanol do que os carros que são etanol dedicados, o que dentre outros fatores, impacta a viabilidade da tecnologia Flex. Mais sobre esse tópico será tratado na subseção Escolhas alternativas da tecnologia Flex.

4.2. Acompanhamento de mudanças

Nesta seção, é desenvolvida uma análise nos mesmos moldes da apresentada por Knittel (2011). Partimos da observação que, em 1980, os carros ofertados pela indústria brasileira possuíam uma chance maior de apresentar uma carroceria Sedan de duas

portas, tração traseira, transmissão de apenas 4 ou menos velocidades e motorização dedicada a gasolina. Um exemplo de carro típico de 1980 que apresenta todas as características citadas seria o Chevrolet Chevette Sedan 1980.

Saltando para 2010, podemos observar que o perfil mais comum de carro ofertado é muito distinto, sendo mais frequente encontrar um Hatchback 4 portas de tração dianteira, com transmissão de mais de 4 velocidades e motor que pode ser abastecido com qualquer mistura possível de gasolina e etanol. Um exemplo de carro típico de 2010 seria o Volkswagen Gol.

Junto às mudanças de características dos veículos, também ocorreram mudanças em atributos tais como peso, potência, torque e consumo de combustível ao longo das décadas. As médias das características dos novos carros ofertados em 1980 e 2010 são apresentadas na Tabela 1. E, são especificadas em linhas distintas as características de consumo, potência e torque para cada tipo de combustível. Ou seja, nas linhas que especificam a gasolina, são apresentadas as informações para os veículos dedicados a gasolina e carros bicomcombustíveis quando operando com gasolina, e racional equivalente é utilizado nas linhas que especificam o etanol.

Tabela 1 - Média dos atributos de todos novos carros ofertados em 1980 e 2010

	1980	2010	Mudança percentual
Média do peso (kg)	1.070	1.164	8,8%
Média das cilindradas (cm ³)	2.460	1.672	-32,0%
Média da potência gasolina (hp)	102,6	110,2	7,4%
Média da potência etanol (hp)	84,1	108,8	29,3%
Média do torque gasolina (N/m)	189,3	157,1	-17,0%
Média do torque etanol (N/m)	165,6	156,1	-5,7%
Quilometragem gasolina (km/L)	8,71	11,05	26,8%
Quilometragem etanol (km/L)	6,43	8,01	24,6%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

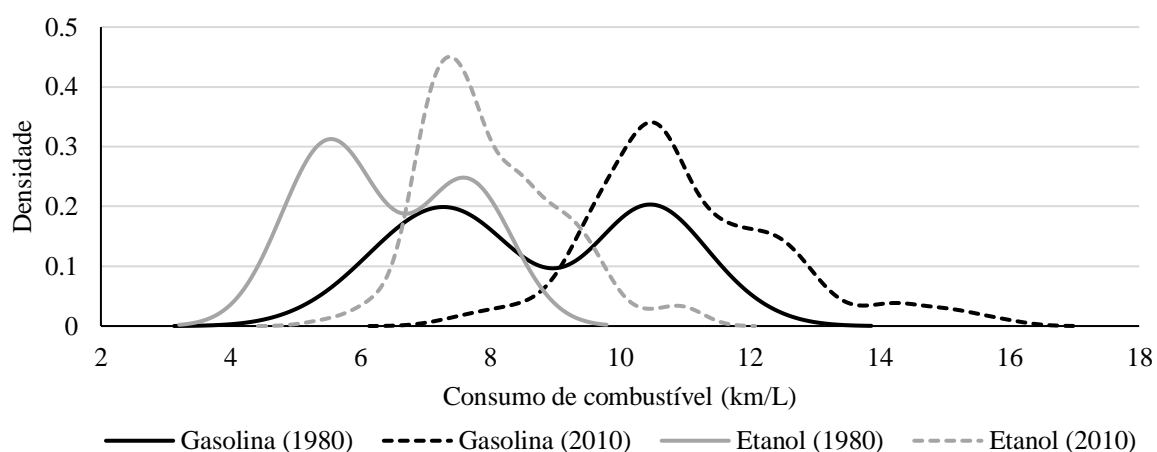
Nota: Nas linhas que especificam gasolina, os dados correspondem a média das características tanto de carros dedicados a gasolina quanto de carros bicomcombustíveis quando abastecidos com gasolina, racional equivalente é aplicado para as linhas que especificam etanol.

Por meio da Tabela 1, observa-se que a média de consumo dos novos carros que podiam funcionar abastecidos com gasolina em 1980 era de 8,71 km/L, e em 2010 passou a ser 11,05 km/L, significando uma melhoria percentual de 26,8% na média do consumo de gasolina. Observando o consumo de etanol, pode ser notado um aumento de 6,43 km/L para 8,01 km/L, significando uma melhoria média de 24,6% no consumo

de etanol. As mudanças da característica de consumo não apenas podem ser visualizadas em termos de média, como também pode ser observada uma mudança na frequência e distribuição da característica de consumo de combustível.

Observando o Gráfico 6, são perceptíveis duas mudanças na distribuição do consumo combustível de maneira semelhante tanto para o consumo de gasolina quanto para o consumo de etanol. A primeira mudança é o deslocamento da curva a direita, o que reforça a já explicitada melhoria na média de consumo dos novos carros ofertados. A segunda mudança é a formação de um pico mais pronunciado, significando uma maior homogeneização da característica de consumo dos novos carros ofertados.

Gráfico 6 - Distribuição de consumo de combustível (km/L) para carros a gasolina, etanol e bicombustíveis, 1980 e 2010

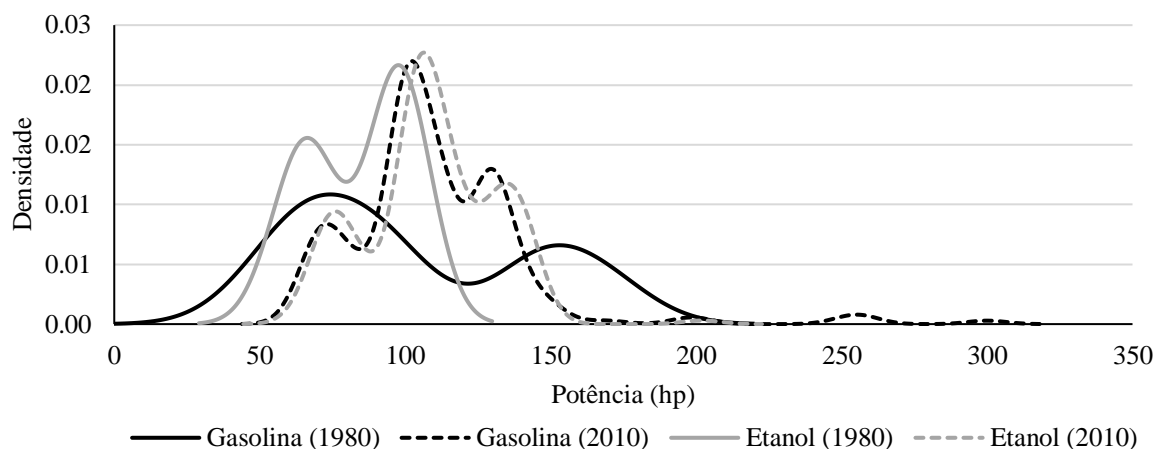


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Cenário similar pode ser observado na evolução da característica de potência. Por meio da Tabela 1, observa-se que a média de potência dos novos carros que podiam funcionar abastecidos com gasolina em 1980 era de 102,6 hp, e, em 2010, passou a ser de 110,2 hp, significando uma melhoria percentual de 7,4% na potência. Observando a potência dos carros abastecidos com etanol, pode ser notado um aumento de 84,1 hp para 108,8 hp, significando uma melhoria de 29,3% para potência a etanol.

Assim como para o consumo de combustível, para a distribuição de potência também pode ser observada mudança na forma de distribuição. E ainda, a mudança de distribuição é mais pronunciada na curva do etanol. E em ambas as curvas podemos observar o deslocamento do pico para a direita. Além disso, na curva do etanol, também podemos observar uma movimentação do segundo pico de concentração se deslocando do lado esquerdo do primeiro pico para o lado direito.

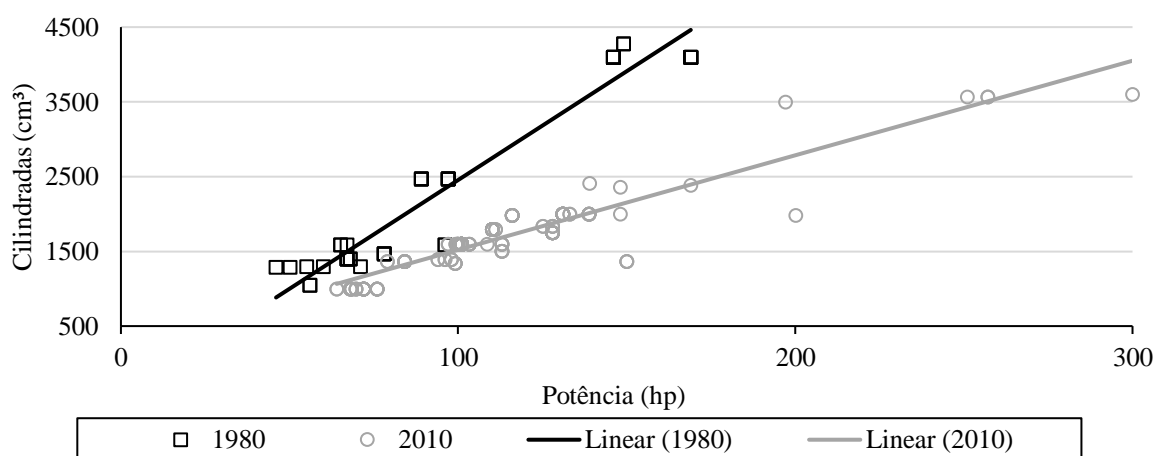
Gráfico 7 - Distribuição de potência (hp) de combustível para carros a gasolina, etanol e bicomcombustíveis, 1980 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tal melhoria simultânea de consumo e potência, de 1980 para 2010, está relacionado ao desenvolvimento de tecnologias diretamente relacionadas ao motor que possibilitaram a obtenção de mais potência de um motor de menor volume interno. No Gráfico 8, são plotados os carros de 1980 e 2010 em função da potência máxima no eixo horizontal e do volume interno do motor no eixo vertical. Também são inseridas linhas que facilitam a observação que de um carro com motor de 1500 cm³ seriam esperados em 1980 e 2010 respectivamente 70 hp e 100 hp de potência. Significando assim, um ganho de 42,9% de potência comparando um motor de 1500 cm³ que equipava um carro em 1980 em comparação com o de 2010.

Gráfico 8 - Cilindradas (cm³) versus potência (hp) dos carros ofertados em 1980 e 2010

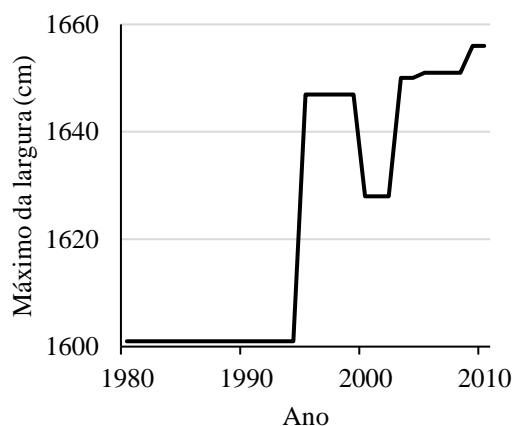


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A indústria pode lidar com o avanço tecnológico de eficiência do motor de algumas maneiras distintas, assim, surgindo um conflito entre escolhas alternativas. Um exemplo de possível escolha que pode ser feita por uma fabricante é aproveitar os avanços tecnológicos para continuar oferecendo um mesmo modelo com um consumo melhor e mantendo a potência. Um exemplo alternativo seria aproveitar o avanço tecnológico para continuar oferecendo o mesmo modelo mantendo o consumo de combustível, mas com mais potência. Cada escolha possui a sua própria justificativa no contexto de mercado, seja no primeiro exemplo que o carro poderia buscar conquistar famílias mais sensíveis a proposta de um carro mais econômico ou no segundo exemplo que buscava atingir o público mais sensível a proposta esportiva.

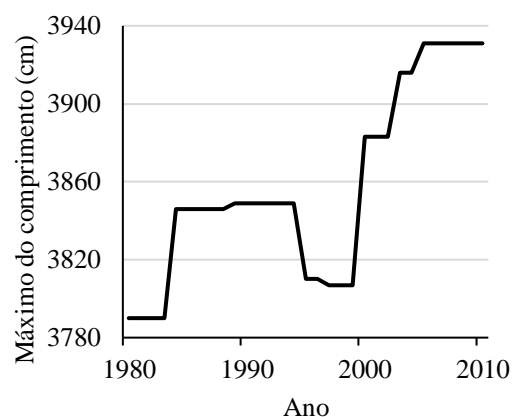
Outro exemplo de mudança que pode ocorrer dentro de um mesmo modelo de carro é o crescimento da carroceria. Um exemplo da mudança de crescimento dentro de um mesmo modelo pode ser observado por meio da evolução das dimensões do Volkswagen Gol que cresceu suas dimensões de comprimento (Gráfico 9) e largura (Gráfico 10) ao longo das décadas. Da primeira versão do Gol 1980 até a versão do ano de 2010, foram adicionados 56 cm a largura e 160 cm ao comprimento do modelo.

Gráfico 9 - Mudança da largura dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 10 - Mudança do comprimento dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano

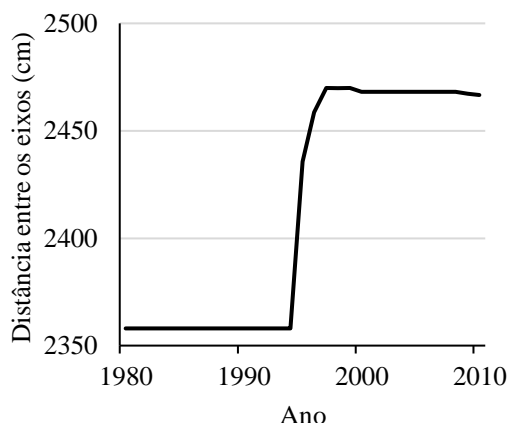


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Também pode ser observado um crescimento na característica chamada de distância entre os eixos que é a distância existente entre o eixo das rodas dianteiras e o eixo das rodas traseiras. A distância entre os eixos está relacionada, entre outras características, a um favorecimento do espaço interno do carro. No Gráfico 11, podemos observar que a Volkswagen lança a primeira versão do Gol, em 1980, com 2358 cm de

distância entre os eixos, e na versão 2010 a distância entre os eixos é de 2467 cm. Assim, implicando em um acréscimo de 109 cm.

Gráfico 11 - Distância entre os eixos dos Volkswagen Gol ofertados a cada ano

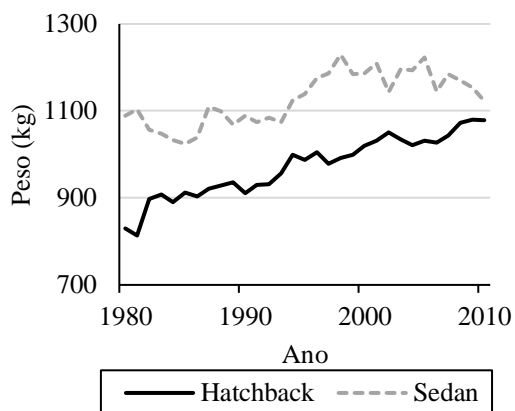


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Também podemos observar crescimento de largura e peso na média dos outros carros que se enquadram na categoria Hatchback (Gráfico 12, 13 e 14), mesma categoria do Volkswagen Gol. Por meio do Gráfico 12, pode ser observado que a média de largura dos carros Hatchback em 1980 era de 1567 cm e em 2010 passou a ser de 1684 cm. Significando assim, um crescimento quase contínuo que levou ao aumento de 7,5% na média de largura dos novos carros Hatchback ofertados entre 1980 e 2010. Para comparação, também é inserida a linha correspondente aos carros de carroceria Sedan, e pode ser observado que não ocorre o mesmo tipo de mudança para esse outro tipo de carroceria. A mudança observada nos carros Hatchback pode estar associada a uma mudança de preferência do consumidor por veículos de maior tamanho.

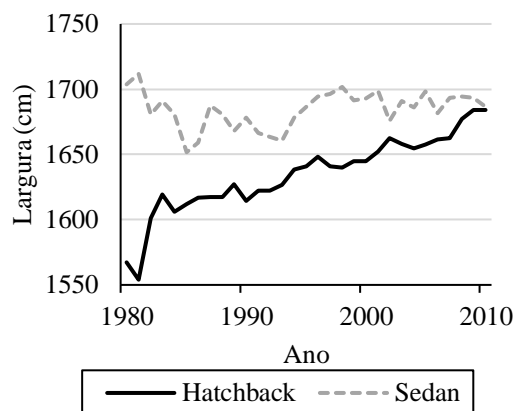
Quando se observa a evolução do comprimento não vemos o mesmo comportamento ascendente da curva de comprimento dos novos carros ofertados tanto para Hatchback quanto para os Sedans. Adicionalmente, podemos observar um crescimento pronunciado da média de peso dos novos carros Hatchback ofertados. O valor da média de peso parte de 830 kg em 1980 para 1078 kg em 2010 para os veículos Hatchback, significando um crescimento de 29,9% na média da característica de peso. O crescimento de peso não é observado da mesma forma para os carros de carroceria Sedan.

Gráfico 12 - Mudança da média de peso dos novos carros ofertados



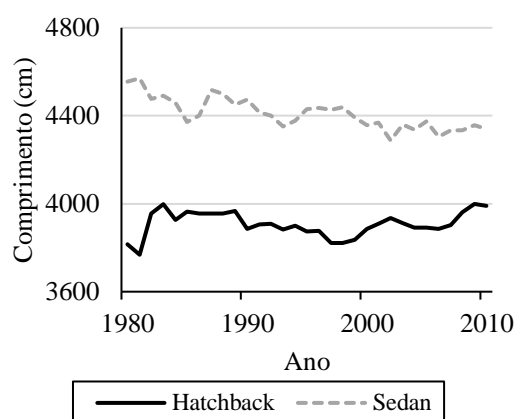
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 13 - Mudança da média da largura dos novos carros ofertados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 14 - Mudança da média do comprimento dos novos carros ofertados

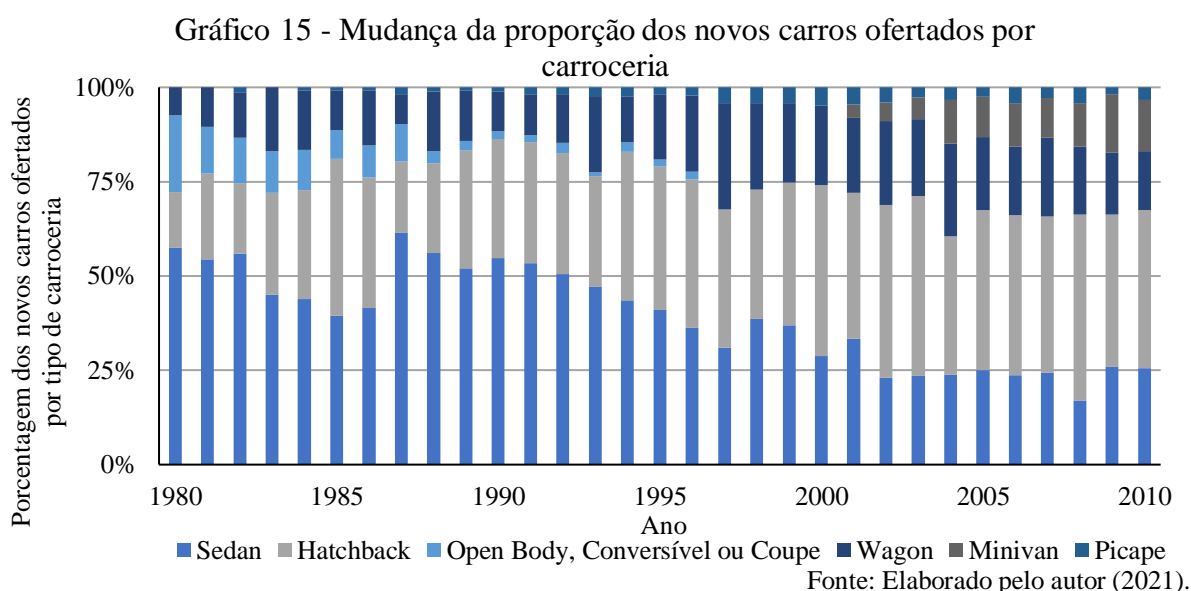


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Apesar da significativa mudança de tamanho dentro dos carros de carroceria Hatchback, a principal mudança que impactou o tamanho dos novos carros ofertados foi o aumento de participação de carros grandes como do tipo Wagon (e.g. Chevrolet Blazer, Volkswagen Parati e Ford Ecosport) e Minivan (e.g. Chevrolet Zafira e Fiat Freemont). No Gráfico 15, podemos observar que a participação dos carros Wagon somada a de Minivan na oferta de carros novos parte de 7% em 1980, atingindo o patamar de 20% em 1996 e alcançando 30% de participação na oferta dos carros novos em 2010. Crescimento semelhante pode ser observado para os carros de carroceria tipo Hatchback, o crescimento da participação dos carros dos Hatchback na oferta de carros

novos parte de 15% em 1980, atingindo o patamar de 31% em 1989 e alcançando 42% de participação na oferta dos carros novos em 2010.

Sendo assim, quando se observa conjuntamente as duas mudanças de perfil dos novos carros ofertados. Primeiramente o aumento de tamanho médio dos carros Hatchback simultâneo ao aumento da participação desse tipo de carroceria na oferta dos carros novos. Segundamente o aumento de proporção da oferta de carros grandes do tipo Wagon e Minivan. Como resultado há o efeito conjunto de dois fatores que contribuem para o aumento de dimensões e consequentemente peso dos novos carros ofertados quando todo o mais se mantém constante incluindo tecnologias associadas a redução de peso.

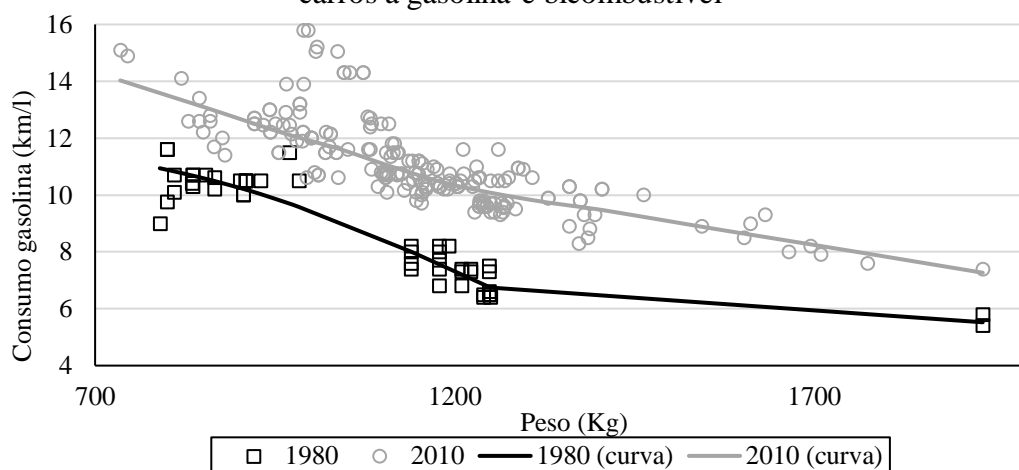


Nos Gráficos 16, 17, 18, 19, 20 e 21, como em Knittel (2011), são plotadas as distribuições dos veículos com o consumo de combustível no eixo vertical versus peso, potência ou torque no eixo horizontal. Em cada figura, são plotados separadamente os carros ofertados em cada ano destacado, e, para cada ano, é inserida uma curva suavizada gerada utilizando o método *lowess*. Além disso, para cada par de características consideradas são apresentados dois gráficos, sendo que um deles apresenta as informações de motores abastecidos a gasolina e outro a etanol³.

³ Nos gráficos referentes a gasolina, foram incluídos os carros dedicados a gasolina e os carros bicompostíveis com dados da performance de quando abastecidos com gasolina. Mesmo racional foi adotado nos gráficos referentes a etanol.

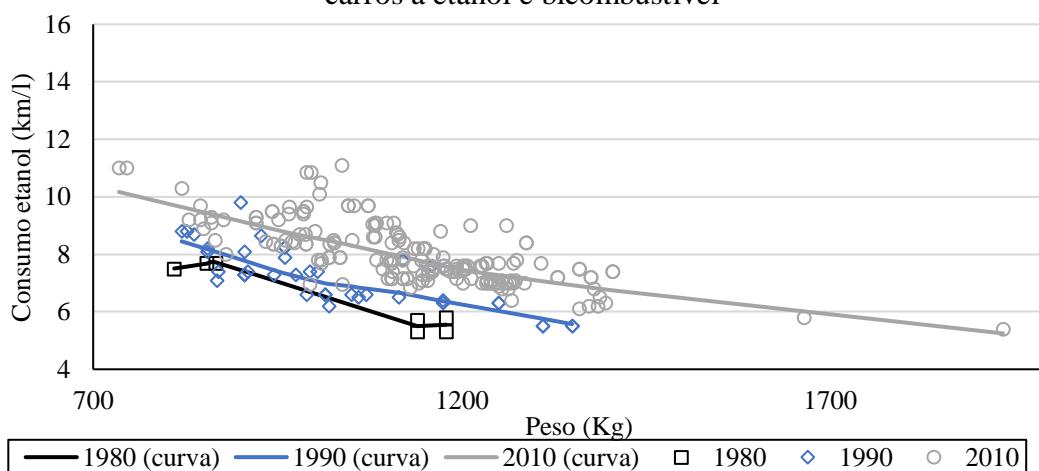
Pelo Gráfico 16, podemos observar que seria esperado que um carro de 1200 kg em 1980 e 2010 apresentasse consumo de respectivamente 7,2 km/L e 10,3 km/L de gasolina, o que significaria um adicional de 3,1 km para cada litro de gasolina. Ou seja, o carro a gasolina de 1200 kg apresentaria uma melhora no consumo de combustível de 43% ao longo das décadas. Cenário semelhante pode ser observado para o consumo de etanol (Gráfico 17), observando também um carro de 1200 kg seria esperado consumo de etanol em 1980 e 2010 de respectivamente 5,5 km/L e 7,8 km/L. O que significa um adicional de 2,3 km para cada litro de etanol ou equivalentemente uma melhoria no consumo de combustível de 41,8%.

Gráfico 16 - Consumo de gasolina versus peso, 1980 e 2010, carros a gasolina e bicomcombustível



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 17 - Consumo etanol versus peso, 1980, 1990 e 2010, carros a etanol e bicomcombustível

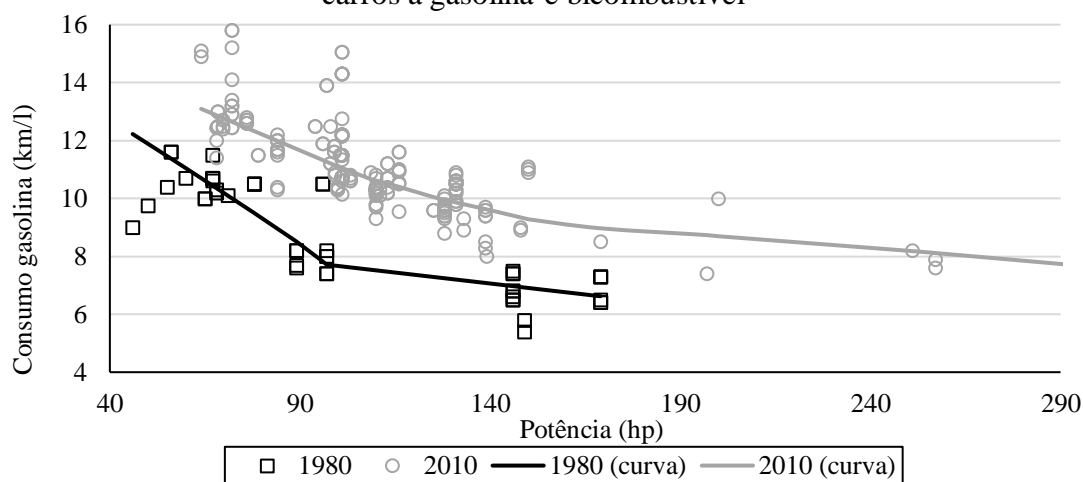


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De maneira semelhante, também podemos fazer a observação quanto a relação existente entre consumo e potência dos veículos no Gráfico 18. Quando se compara dois

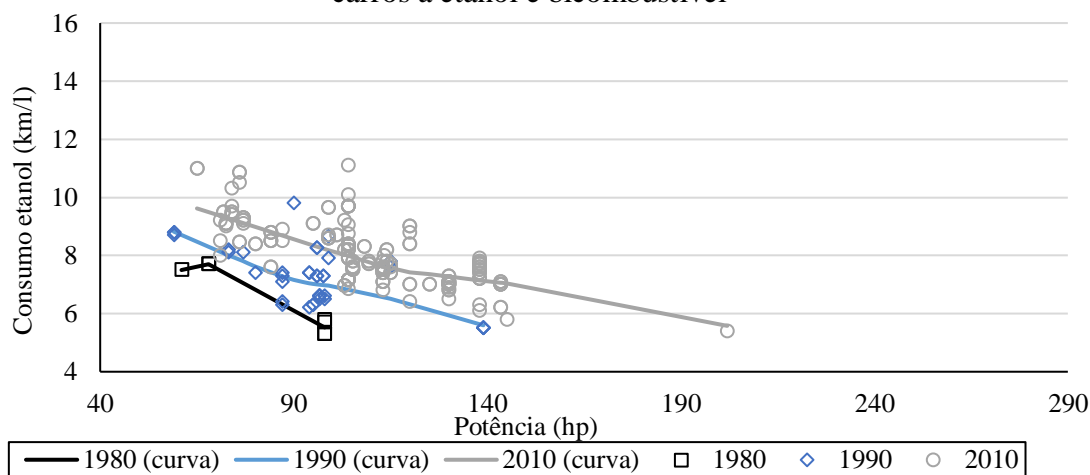
carros de motor compatível com gasolina que desempenhe 90 cavalos de potência máxima, sendo um de 1980 e outro de 2010, seria esperado consumos de respectivamente 8 km/l e 12 km/l (Gráfico 18). Assim, podendo ser interpretado que a evolução tecnológica ocorrida entre 1980 e 2010 possibilitou que um carro movido a gasolina conseguisse andar um adicional de 4 km por cada litro de combustível ainda podendo entregar os mesmos 90 hp de potência máxima.

Gráfico 18 - Consumo de gasolina versus potência, 1980 e 2010, carros a gasolina e bicomcombustível



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 19 - Consumo etanol versus potência, 1980, 1990 e 2010, carros a etanol e bicomcombustível

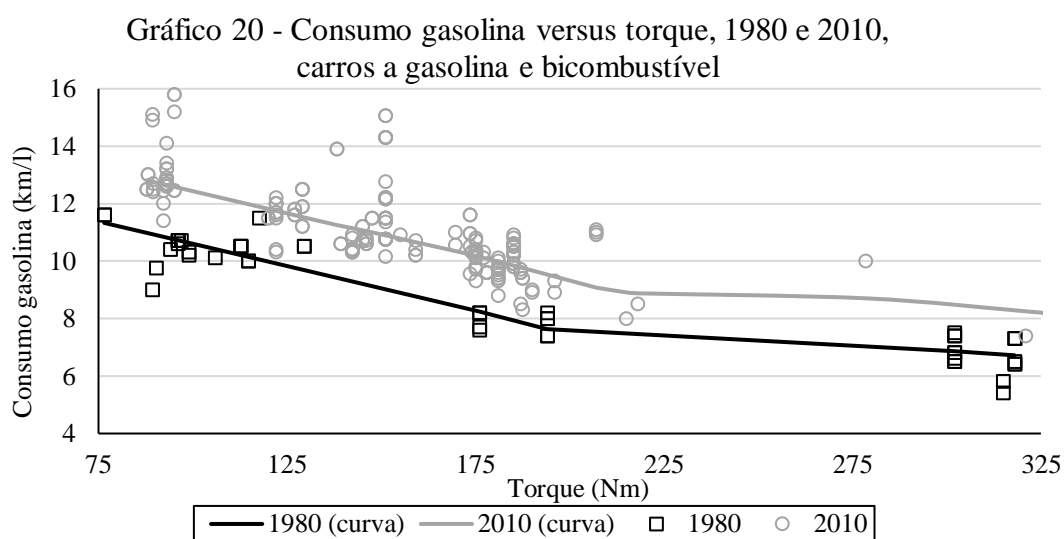


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

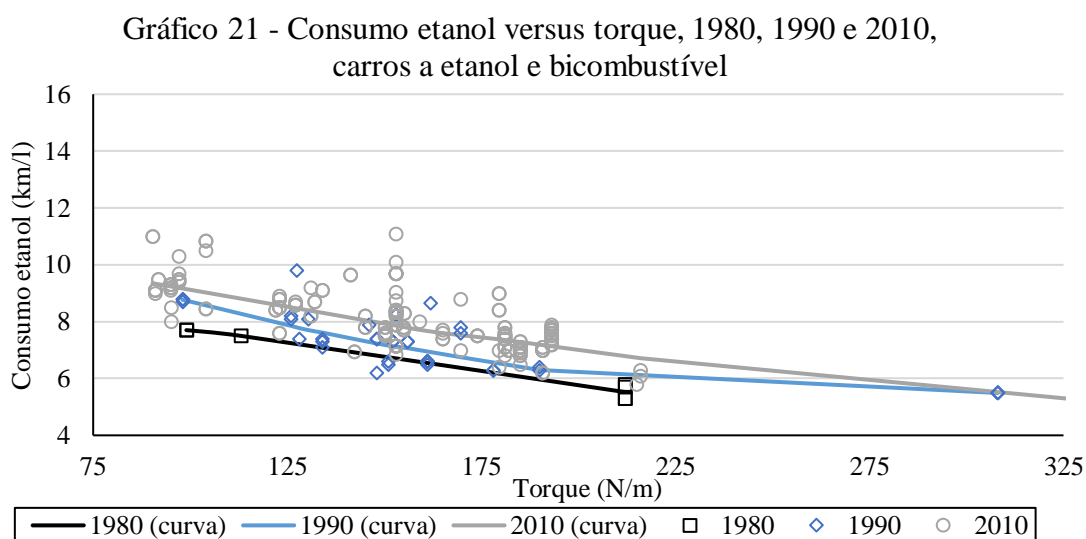
Quando observamos os carros que podem ser abastecidos com etanol, pode ser notado que seria esperado que um carro novo com motor de potência máximo de 90 cavalos apresentasse em 1980 e 2010 consumo de combustível de respectivamente 6,3 km/L e 8,7 km/L (Gráfico 19). Interpretando-se assim que a evolução tecnológica entre

1980 e 2010 possibilitou que um carro movido a etanol conseguisse andar um adicional de 2,4 km por cada litro de combustível.

Também conseguimos observar níveis maiores de torque sendo entregues por motores de mesmo consumo quando observamos o passar das décadas. Observando o Gráfico 20, seria esperado que um carro compatível com gasolina com motor de torque máximo de 175 Nm em 1980 e 2010 apresentasse consumo de combustível de respectivamente 8,2 km/L e 9,6 km/L. Significando que um carro com motor de torque máximo de 175 Nm poderia desempenhar 1,4 km adicional para cada litro de gasolina.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Considerando os carros compatíveis com etanol, para um carro com motor de torque máximo igual a 175 Nm seria esperado em 1980 e 2010 que fosse apresentado consumo de respectivamente 6,4 km/L e 7,1 km/L (Gráfico 21). Significando que um

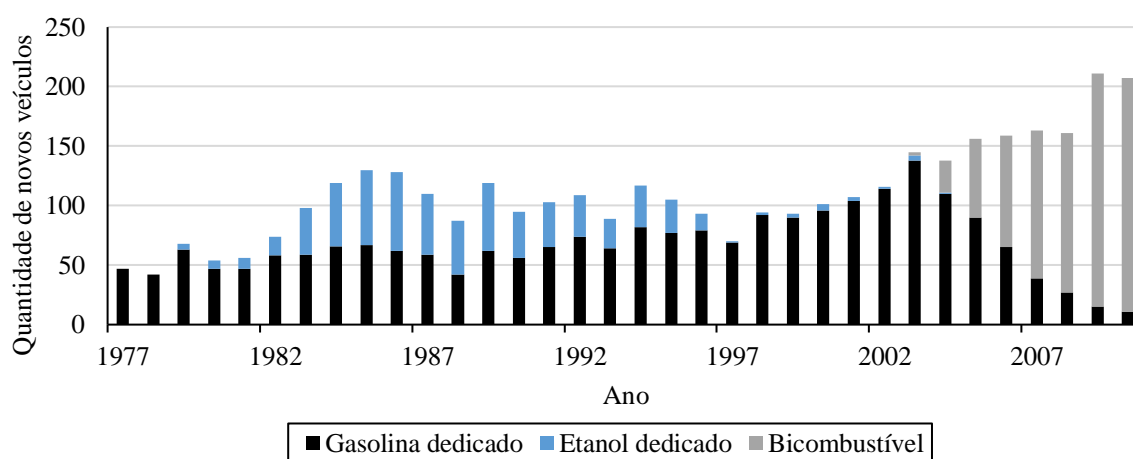
carro com motor de torque máximo de 175 Nm poderia desempenhar 0,7 adicional para cada litro de etanol consumido.

4.3. Mudanças dos tipos de combustível

Antes da introdução dos veículos bicomcombustíveis, o consumidor enfrentava no momento da compra de um carro uma decisão que influenciaria uma despesa futura recorrente com combustível considerando o carro como bem durável. Por exemplo, o consumidor que optasse por adquirir um carro dedicado a gasolina estaria sujeito a oscilações de preço específicas da gasolina e não poderia aproveitar de uma redução no preço do etanol por enquanto mantivesse o veículo a gasolina como seu único carro. As mesmas ponderações eram feitas pelo consumidor que no final escolheria comprar um carro dedicado a etanol, assim, os consumidores no momento de comprar um carro se encontravam em uma situação de conflito entre escolhas alternativas.

Relacionado a restrição tecnológica, as firmas da indústria nacional tinham de ajustar a sua oferta de carro por tipo de combustível de acordo com qual fosse o combustível favorecido pelo cenário político econômico do momento. No Gráfico 22, podemos observar tanto a evolução da quantidade de carros ofertados como também a proporção entre tipo de combustível dos novos carros ofertados pela indústria nacional ao longo dos anos.

Gráfico 22 - Quantidade de carros novos por tipos de combustível, de 1977 a 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No período anterior a introdução da tecnologia Flex, podemos observar que há uma oscilação na proporção dos carros ofertados dedicados a etanol. Existindo, entre o

fim da década de 70 e o fim da década de 90, um período de expansão seguido da retração da oferta de veículos dedicados a etanol (Gráfico 22). Para o mesmo período, tal oscilação de proporção de tipo de combustível dos carros é de amplitude ainda maior quando observamos a proporção pelo número de carros vendidos apresentados em Rosillo-Calle e Cortez (1998).

Tabela 2 – Evolução da porcentagem de carros ofertados e vendidos que eram dedicados a etanol entre 1977 e 1996

	Porcentagem de carros ofertados que eram dedicados a etanol	Porcentagem de carros vendidos que eram dedicados a etanol (Fonte: Rosillo-Calle e Cortez (1998))
1977	0.0%	0.0%
1978	0.0%	0.0%
1979	7.4%	0.3%
1980	13.0%	27.0%
1981	16.1%	28.3%
1982	21.6%	38.9%
1983	39.8%	88.1%
1984	44.5%	94.4%
1985	48.5%	95.8%
1986	51.6%	91.8%
1987	46.4%	93.6%
1988	51.7%	88.0%
1989	47.9%	60.4%
1990	41.1%	13.1%
1991	36.9%	22.0%
1992	32.1%	29.0%
1993	28.1%	25.1%
1994	29.9%	11.1%
1995	26.7%	2.5%
1996	15.1%	0.8%

Fonte: Elaborado pelo autor, dados para porcentagem de vendas tem Rosillo-Calle e Cortez (1998) como fonte.

Uma consolidação dos dados de vendas apresentado por Rosillo-Calle e Cortez (1998) junto dos dados de oferta apresentados pelo presente trabalho pode ser visualizada na Tabela 2. Podemos observar que de 1982 para 1983 a proporção de oferta dos veículos dedicados a etanol vai de 21,6% para 39,8% (Tabela 2). Enquanto observando os dados de vendas apresentados por Rosillo-Calle e Cortez (1998), vemos

que de 1982 para 1983 a proporção dos novos carros vendidos que eram compatíveis com etanol vai de 38,9% para 88,1%. Assim, vemos que o salto da porcentagem entre 1982 e 1983 é maior para a proporção de carros vendidos do que para a proporção dos carros ofertados para esse intervalo que é o do maior salto positivo para as duas porcentagens observadas.

Já quando observamos o ano de 1988, que apresentou o pico da proporção de veículos dedicados a etanol ofertados, 51,7% dos novos carros, observamos uma proporção ainda maior de veículos vendidos que funcionam apenas com álcool. A proporção de veículos dedicados a etanol vendidos, em 1988, foi de 88% ainda segundo o indicado por Rosillo-Calle e Cortez (1998).

4.4. Escolhas da tecnologia Flex

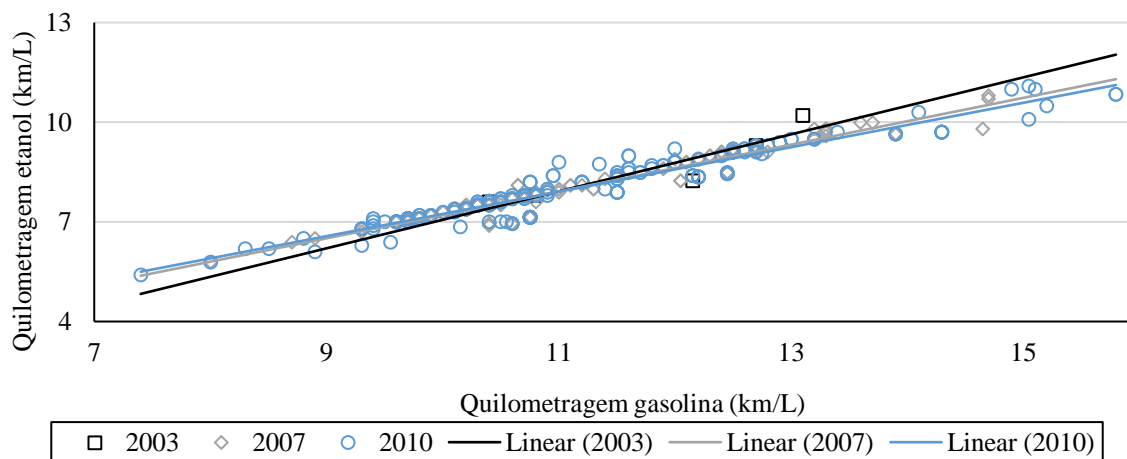
O veículo Flex concede ao consumidor a possibilidade de escolher com qual combustível abastecer fazendo uma conta simples que leva em consideração duas variáveis: o preço relativo e o consumo relativo entre etanol e gasolina. Como observado em Ferreira et al. (2009), a lógica de escolha de combustível era recomendada pela indústria automobilística. E era tal que, em geral, caso o preço do etanol seja menor que 70% do preço da gasolina, o consumidor irá economizar com combustível ao escolher abastecer o veículo com etanol.

A lógica por detrás da simples fração entre preços é que o veículo quando abastecido a etanol desempenha uma quilometragem em torno de 70% da quilometragem desempenhada quando abastecido a gasolina. Tal relação pode também ser observada pela plotagem dos veículos Flex ofertados em 2003, 2007 e 2010 no Gráfico 23. Sendo que no eixo vertical e horizontal observamos respectivamente a quilometragem desenvolvida por etanol e gasolina de cada carro representado por um ponto no gráfico.

Como podemos observar no Gráfico 23, há uma grande sobreposição entre os pontos que representam os carros de 2003, 2007 e 2010. Assim, podendo ser indicado que não houve grande mudança na relação entre o consumo de etanol e consumo de gasolina desde a introdução da tecnologia pela indústria automobilística brasileira desde 2003 até 2010. A mesma constância na relação do desempenho com etanol e com gasolina pode ser observada para as variáveis de potência e torque. Ou seja, os valores

para potência e torque são constantemente pouco maior para etanol do que para gasolina.

Gráfico 23 - Quilometragem relativa entre etanol e gasolina, carros novos ofertados em 2003, 2007 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No trabalho de Santos (2013) podemos observar que entre 2001 e 2010, o preço do litro do etanol se manteve oscilando abaixo de 70% do preço da gasolina. E como afirmado pelo autor, a relação entre os consumos tem se mantido constante principalmente por ações do governo. Como por exemplo, com um imposto de combustível menor.

A tecnologia Flex conta com algumas adaptações para o seu funcionamento, tais como adaptação de componentes que suportem o etanol, alimentação da proporção adequada entre ar e combustível e adaptação de uma taxa de compressão funcional para etanol e gasolina. A resistência a corrosão foi um desenvolvimento tecnológico já tornado frequente nos novos carros ofertados desde a década de 70 que eram dedicados a etanol. A proporção de alimentação entre ar e combustível foi resolvido com a utilização de sistemas computadorizados de injeção associados a uma sonda lambda (Nascimento et al., 2009).

Entretanto, a taxa de compressão adequada é algo que foi resolvido de uma maneira que resulta em um subaproveitamento do etanol. Para a queima eficiente do etanol, é demandada uma taxa de compressão mais alta do que a exigida pela gasolina. Sendo assim, a solução encontrada foi adotar uma taxa de compressão que estivesse entre a da gasolina e do etanol.

A ineficiência tolerada ao se adotar um motor com tecnologia Flex é exemplo de um trade-off existente ao se adotar um carro bicomcombustível. A tecnologia Flex como solução não ideal é um dos exemplos de como a tecnologia Flex subaproveita o potencial do etanol ao adaptar um motor para funcionar com mais de um tipo de combustível. Esse subaproveitamento do etanol pode levar a um consumo de combustível por quilometro percorrido que pode ser não tão eficiente quanto o possivelmente observado em um veículo feito para funcionar exclusivamente com etanol.

A importância de se continuar estudando a tecnologia Flex se fortalece com as evidências de que a introdução dos veículos bicomcombustíveis está relacionada a consolidação do etanol como combustível (FREITAS; KANEKO, 2011; SANTOS, 2013). E mesmo existindo estudos sugerindo que os carros Flex brasileiros apresentam menor emissão de monóxido de carbono quando utilizando combustível com maior proporção de etanol (MELO et al., 2012; CASSIANO et al., 2016). Ainda não está certo o impacto na emissão de óxidos de nitrogênio como indicado em testes de dinamômetro (MELO et al., 2012) e testes realizados em vias urbanas (CASSIANO et al., 2016).

Além disso, como sugerido em Brito et al. (2020), há indicativos de que uma tecnologia híbrida (carro simultaneamente Flex e elétrico) poderia ter maiores chances de sucesso de mercado do que veículos dedicados a novas tecnologias de combustíveis alternativos (carros elétricos ou movido a hidrogênio). Sendo assim, continua válido que novos estudos continuem a expandir o entendimento de como tem se dado o progresso tecnológico na indústria automobilística, e principalmente o acompanhamento da evolução da tecnologia Flex.

5. Conclusão

Observando a evolução tecnológica da indústria brasileira entre as décadas de 1980 e 2010, foi possível observar como as firmas lidaram com fatores externos e adaptaram os tipos de carros ofertados ao longo das décadas. Observamos que reflexos de ações do governo como o plano ProÁlcool podem ter tido relação com o comportamento da indústria em relação a tecnologia de combustível que foi ofertada entre 1980 e 2010.

Além disso, também foi possível observar a acelerada adoção da tecnologia Flex pelas firmas nacionais e a consequente oferta de carros bicomcombustíveis. Atualmente, hidrogênio e eletricidade têm despontado como combustíveis alternativos para os transportes. Sendo assim, é essencial o desenvolvimento de estudos que aproveitem os aprendizados que vieram da inserção do etanol como combustível a fim de também entender como o Brasil pode lidar com a inserção dos carros movidos a eletricidade e hidrogênio.

Referências

- BRASIL. **Lei Nº 9.503**, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503Compilado.htm. Acesso em: 7 nov. 2021.
- BRITO, T. L. F.; ISLAM, T.; MOUETTE, D. ; MEADE, N.; MOUTINHO DOS SANTOS, E. Fuel price elasticities of market shares of alternative fuel vehicles in Brazil. **Transportation Research Part D-Transport And Environment**, v. 89, p. 102643, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102643>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920920308282?via%3Dihub>; Acesso em: 7 nov. 2021.
- BUSSE, M. R.; KNITTEL, C. R.; ZETTELMEYER, F. Are Consumers Myopic? Evidence from New and Used Car Purchases. **American Economic Review**, v. 103, n. 1, p. 220–256, 1 fev. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.1.220>. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.103.1.220>. Acesso em: 7 nov. 2021.
- CARROS NA WEB. CarrosnaWeb. c2002. O maior banco de dados de carros da internet!. Disponível em: <https://www.carrosnaweb.com.br/>. Acesso em: 7 nov. 2021
- CASSIANO, D. R.; RIBAU, J.; CAVALCANTE, F. S. A. ; OLIVEIRA, M. L. M. ; SILVA, C. M. . On-board Monitoring and Simulation of Flex Fuel Vehicles in Brazil. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 3129-3138, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.253>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516302599?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2021.
- DU, X.; CARRIQUIRY, M. A. Flex-fuel vehicle adoption and dynamics of ethanol prices: lessons from Brazil. **Energy Policy**, v. 59, p. 507–512, ago. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513002450?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2021.
- FERREIRA, A. L.; DE ALMEIDA PRADO, F. P.; DA SILVEIRA, J. J. Flex cars and the alcohol price. **Energy Economics**, v. 31, n. 3, p. 382–394, maio 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.01.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309000061>. Acesso em: 7 nov. 2021.
- FREITAS, L. C.; KANEKO, S. Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil. **Energy Economics**, v. 33, n. 6, p. 1146–1154, nov. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2011.03.011>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831100079X?via%3Dihub>. Acesso em 7 nov. 2021.

KNITTEL, C. R. Automobiles on steroids: Product attribute trade-offs and technological progress in the automobile sector. **American Economic Review**, v. 101, n. 7, p. 3368–3399, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.101.7.3368>. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.101.7.3368>. Acesso em: 7 nov. 2021

MELO, T. C. C. ; MACHADO, G. B. ; BELCHIOR, C. R. P. ; COLAÇO, M. J. ; BARROS, J. E. M. ; OLIVEIRA, D. G. Hydrous ethanol-gasoline blends - Combustion and emission investigations on a Flex-Fuel engine. **Fuel**, v. 97, p. 796-804, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001623611200227X?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2021.

NASCIMENTO, P. T. S.; GATTI JR., W. ; YU, ABRAHAM SIN OIH ; NIGRO, F. E. B. . Suppliers Involvement Strategies in Flex Fuel Vehicle Development. **Joscm. Journal Of Operations And Supply Chain Management**, v. 5, p. 1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.12660/joscmv5n2p1-12>. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/joscm/article/view/9060>. Acesso em: 7 nov. 2021.

NEWELL, R. G.; JAFFE, A. B.; STAVINS, R. N. The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. **Quarterly Journal of Economics**, v. 114, n. 3p. 941–975, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1162/003355399556188>. Disponível em: <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/114/3/941/1848170?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 7 nov. 2021.

POPP, D. Induced Innovation and Energy Prices. **American Economic Review**, v. 92, n. 1, p. 160–180, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/000282802760015658>. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/000282802760015658>. Acesso em: 7 nov. 2021.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. A. B. Towards ProAlcool II—a review of the Brazilian bioethanol programme. **Biomass and Bioenergy**, v. 14, n. 2, p. 115–124, mar. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(97\)10020-4](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(97)10020-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953497100204>. Acesso em: 7 nov. 2021.

SANTOS, G. F. Fuel demand in Brazil in a dynamic panel data approach. **Energy Economics**, v. 36, p. 229–240, mar. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.012>. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/12375>. Acesso em: 7 nov. 2021

VERBOVEN, F. Quality-Based Price Discrimination and Tax Incidence: Evidence from Gasoline and Diesel Cars. **The RAND Journal of Economics**, v. 33, n. 2, p. 275, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2307/3087434>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3087434>. Acesso em: 7 nov. 2021.

ZAL, P. Automobile Catalog, c2010. The complete catalog of cars since 1945. Disponível em: <https://www.automobile-catalog.com/>. Acesso em: 10 out. 2021

APÊNDICE A - A estrutura da base de dados

Foram compilados dados para um total de 3979 entradas de variantes, e a maioria dos carros está compreendida no período entre 1977, e 2016. Para cada variante, há o registro das seguintes especificações para cada variante:

- Tipo de carroceria, classificada em oito tipos:
 - Sedan;
 - Hatchback;
 - Open Body;
 - Conversível;
 - Coupe;
 - Wagon; Minivan; ou
 - Picape;
- Ano de fabricação;
- Tipo de Tração, classificada em três tipos:
 - Dianteira;
 - Traseira; ou
 - 4x4;
- Transmissão, classificada em quatro tipos:
 - Manual;
 - Semi-automática;
 - Automática;
 - Continuously Variable Transmission (CVT)
- Tipo de combustível do motor, classificado em quatro tipos:
 - Gasolina dedicado (funciona apenas com gasolina);
 - Etanol dedicado (funciona apenas com etanol);
 - Bicomcombustível (funciona com dois combustíveis, geralmente gasolina e etanol);
 - Multicomcombustível (funciona com três ou mais combustíveis, geralmente gasolina, etanol ou gás natural veicular (GNV), um exemplo é o Fiat Siena Tetrafuel 2007)
- Volume interno do motor (cm³);
- Potência do motor (hp);

- Torque (Nm);
- Dimensões:
 - Comprimento (m);
 - Largura (m);
 - Entre eixos (m); e
 - Peso (kg);
- Velocidade máxima (km/h); e
- Consumo de combustível (km/l).

Para os carros Flex, a base de dados possui informações específicas para cada tipo de combustível. Assim, para cada variante Flex, há detalhamento de dados para quando o veículo opera com gasolina e para quando opera com etanol.

APÊNDICE B - A construção da base de dados

A escolha de automobilecatalog.com e carrosnaweb.com.br (ZAL, 2010; CARROS NA WEB, 2002) como fontes foi feita por conta de alguns fatores, entre eles: amplitude das informações fornecidas, detalhamento das especificações técnicas e diferenciação entre modelos das fabricantes nacionais e estrangeiras. A necessidade de especificar os veículos das fabricantes nacionais se justifica por, em geral, a versão nacional de um carro não possuir as mesmas características da versão estrangeira.

Informações de variantes que foram responsáveis por introduzir novas tecnologias (e.g. alimentação por injeção de combustível e tecnologia Flex) foram conferidas por meio de edições de época da Revista Quatro Rodas. Além disso, também foram complementadas informações de variantes que não eram apresentadas em automobilecatalog.com e carrosnaweb.com.br (ZAL, 2010; CARROS NA WEB, 2002). Alguns exemplos de Variantes que foram complementadas foram:

- Volkswagen Gol dedicado a gasolina entre 1985 e 1988; e
- Primeiros carros bicompostíveis (e.g. Gol Power Total Flex 2003, Corsa Flex Power 2003).

Para o caso de alguns carros, a inserção na base de dados precisou de algum cuidado adicional, como por exemplo:

- **Veículos da União Autolatina:** A Autolatina foi uma *joint-venture* entre Volkswagen e Ford, que gerou uma cooperação operacional, na qual alguns modelos das duas marcas compartilhavam tecnologias comuns (e.g. Volkswagen Santana GLS 2000i e Ford Versailles 2.0i Ghia compartilhavam do mesmo motor VW AP-2000i). Em todos os casos desses carros, mesmo que possuam motorização igual, eles foram considerados como modelos completamente diferentes, ou seja, há uma entrada para cada modelo Volkswagen e outra para o seu cooperado da Ford;
- **Veículos com Kit GNV (Gás Natural Veicular) de fábrica:** Há alguns carros flex que já saíram de fábrica aptos para receberem o Gás Natural Veicular (GNV) como combustível (e.g. Grand Siena ELX Tetrafuel, capaz de receber gasolina, etanol e GNV como combustível em seu motor). Para esse tipo de veículo, também estão registradas as

informações para quando o carro opera com GNV, entretanto, tais informações não são aqui utilizadas;

- **Veículos elétricos:** Não foi inserido nenhum veículo elétrico no banco de dados construído; e
- **Veículos importados vendidos em grande volume:** Há alguns modelos de carro que são vendidos nacionalmente em quantidades tão grandes, que podem até passar despercebidos que são veículos importados (e.g. Kia Sportage; Kia Cerato...). Esses veículos por não serem produzidos em fábricas nacionais, não entraram no escopo do presente trabalho de construção do banco de dados.

Na base de dados, é dado o enfoque para veículos que foram fabricados e comercializados no Brasil, portanto, estão fora da base de dados alguns grupos de veículos como:

- Veículos produzidos nacionalmente para exportação; e
- Veículos trazidos por empresas de importação, embaixadas, e outros importadores.

Também pensando no movimento de importação/exportação de veículos, a partir de meados da década de 2010, outras marcas não presentes no banco de dados passaram a ganhar relevância (e.g. Chery). Também não foram incluídos no banco de dados veículos de carga e tração, portanto o banco de dados atual não poderia ser utilizado, por exemplo, em um estudo sobre a evolução tecnológica da indústria de caminhões.