



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS E EMISSÕES NO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

Marcela Tartaglia Reis

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: André Frossard Pereira de Lucena

Rio de Janeiro

Abril de 2016

ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS E EMISSÕES NO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

Marcela Tartaglia Reis

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof. André Frossard Pereira de Lucena, D. Sc.

Prof. Heloisa Teixeira Firmo, D. Sc.

Bruno Scola Lopes da Cunha, M. Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Abril de 2016

Reis, Marcela Tartaglia.

Título: Análise do Consumo de Combustíveis Líquidos e Emissões no Setor de Transportes no Brasil / Marcela Tartaglia Reis – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2016.

VIII, 55p. : il. 20; 29,7 cm.

Orientador: André Lucena

Projeto de Graduação – UFRJ/POLI/Engenharia Ambiental,2016.

Referências Bibliográficas: p. 42 – 46.

1. Consumo de Combustíveis. 2. Emissão de Gás Carbônico. 3. Setor de Transportes Rodoviário. I. Lucena, André. II.Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Engenharia Ambiental. III. Título

Gostaria de agradecer a todos os docentes do curso de Engenharia Ambiental que contribuíram para a formação do meu conhecimento ao longo destes anos em que a Universidade Federal do Rio de Janeiro foi minha segunda casa e, em especial, ao professor e orientador André Lucena pela disponibilidade e paciência durante a construção deste trabalho. Agradeço aos meus pais, Cláudia e José Marcelo, que sempre foram meu suporte em todas etapas da minha vida, pelo amor, pela confiança e pela força nos momentos de fraqueza e dúvida. Ao meu irmão, Murilo, pelos conselhos, bom exemplo e por ter sido meu guia e fonte de incentivo durante minhas escolhas. À toda minha família, pelo carinho e apoio. Aos meus amigos, que sempre souberam tornar minha vida mais leve, trazendo momentos de descontração e alegria, mas sempre compreendendo e apontando os momentos onde seriedade e dedicação eram necessários. Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional. Muito obrigada!

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Análise do Consumo de Combustíveis Líquidos e Emissões no Setor de Transportes no Brasil

Marcela Tartaglia Reis

Abril/2016

Orientador: André Frossard Pereira de Lucena

Curso: Engenharia Ambiental

O modal rodoviário brasileiro é o maior consumidor de energia da matriz logística do país e o maior emissor de CO₂ no setor de transportes. Por causa disso, a sustentabilidade do setor depende desse modal e assim, este projeto tem como objetivo analisar como o consumo de energia para transportes rodoviário tem evoluído ao longo dos anos e também avaliar a quantidade de CO₂ emitida no país. É também projetado o consumo de óleo diesel, gasolina e álcool e a quantidade de CO₂ emitida até 2025, utilizando três diferentes cenários. Para projetar o consumo de combustível, um modelo econométrico simples foi aplicado, utilizando a análise de regressão. Uma análise dos últimos anos mostra que o consumo de álcool varia de acordo com os preços do petróleo e que a procura por combustíveis é altamente ligada ao crescimento do PIB do país. Os resultados obtidos na parte projeção mostram que diesel continuará a ser o combustível mais consumido e o maior responsável por emissões de CO₂ e que o consumo de etanol nos veículos *flex fuel* é capaz de reduzir as emissões de GEE. Concluiu-se que, a fim de reduzir o consumo de energia, é muito importante investir nos transportes públicos e na infraestrutura do país. Além disso, os resultados confirmaram que os biocombustíveis são uma solução de curto prazo para reduzir a emissão de dióxido de carbono e a dependência do Brasil em derivados de petróleo, enquanto outras tecnologias, tais como células de hidrogênio, não podem ser amplamente aplicadas.

Palavras Chave: Consumo de Combustíveis, Emissão de Gás Carbônico, Setor de Transportes Rodoviário.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

A Consumption Analysis of Liquid Fuels and its Emissions in the Transport Sector of
Brazil

Marcela Tartaglia Reis

April/2016

Advisor: André Frossard Pereira de Lucena

Course: Environmental Engineering

The Brazilian road transport sector is the largest energy consumer of the country logistic matrix and the largest emitter of CO₂ in this sector. Because of that, the sustainability of the sector relies on this modal and so, this project aims to analyse how the energy consumption of the transport sector has evolved over the years and also to evaluate the amount of CO₂ emitted from the road transport in the country. It also projects the consumption of diesel oil, gasoline and ethanol and associated emissions up to 2025 using three different scenarios. To forecast the fuel consumption a simple econometric model was applied using the regression analysis. An examination of the past years shows that the ethanol consumption will vary according to the oil prices and that the fuel demand is highly linked to the GDP growth of the country. The results obtained in the projections show that diesel will continue to be the most consumed fuel and the greatest responsible for CO₂ emissions and that the consumption of ethanol in the flex fuel vehicles is capable of reducing the GHG's emissions. It concluded it's very important to invest in the public transports and in the infrastructure of the country in order to reduce the energy consumption. In addition, the results confirmed that biofuels are a short term solution to reduce the carbon dioxide emission and Brazil's dependence on oil products, while other technologies, such as hydrogen cells, cannot be widely applied.

Key Words: Fuel Consumption, Carbon Dioxide Emissions, Road Transport Sector.

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	4
3. Perfil do País e Contexto Energético no Setor de Transportes	9
3.1 PIB e Perfil de Consumo	9
3.2 Distribuição Modal e de combustíveis	12
3.3 Análise mensal de dados para a metodologia aplicada	15
4. Demanda Futura.....	19
4.1 Variáveis-chave	19
4.2 Metodologia	21
4.3 Resultados obtidos nas Regressões	25
5. Emissão de CO ₂	29
5.1 Cenários de emissões de CO ₂ com base nos cenários de demanda	32
6. Comparação de Cenários	34
6.1 Óleo Diesel	34
6.2 Gasolina	35
6.3 Etanol Hidratado	36
6.4 Emissão de CO ₂	37
7. Conclusão	39
Referências Bibliográficas	42
Anexo I.....	47
Anexo II.....	51

Tabelas

Tabela 1 - Taxa de crescimento do PIB	24
Tabela 2 - Valores de População e PIB dos cenários para a Projeção.....	25
Tabela 3 - Valores de R^2	25
Tabela 4 - Resultados das Previsões de Demanda de Combustíveis.....	28
Tabela 5 - Fatores de Emissão de CO ₂	30
Tabela 6 - Coeficientes de Equivalência Médios	30
Tabela 7 - Resultado das previsões de emissões de CO ₂	32
Tabela 8 - Taxa de crescimento anual da venda dos combustíveis	34
Tabela 9 – Taxa de crescimento Annual das emissões de CO ₂ por fonte.	38

Gráficos

Gráfico 1 - Evolução do PIB: 1990-2014.....	10
Gráfico 2 - Evolução da Demanda de Energia no Setor de Transportes: 1990-2014.....	10
Gráfico 3 - Distribuição Modal	12
Gráfico 4 - Market Share da demanda por combustíveis no setor de transportes Roviário	13
Gráfico 5 - Relação entre Preço e Venda da Gasolina Automotiva	16
Gráfico 6 - - Relação entre Preço e Venda do Etanol Hidratado.....	16
Gráfico 7 - Comparação da evolução do consumo da Gasolina e Etanol.....	18
Gráfico 8 - Relação entre Preço e Venda do Óleo Diesel.	18
Gráfico 9 - Emissão de CO ₂ derivada da queima de Gasolina e Diesel de 2002 a 2014	31
Gráfico 10 - Emissão de CO ₂ total devido à combustão de gasolina e diesel de 2002 a 2014	32
Gráfico 11 - Previsão de venda de Diesel de 2014 a 2015 com base no STATA	35
Gráfico 12 - Previsão de venda de Gasolina de 2014 a 2015 com base no STATA.....	36
Gráfico 13 - Previsão de venda de Etanol Hidratado de 2014 a 2015 com base no STATA.	37
Gráfico 14-Previsão de emissões totais de CO ₂	37
Gráfico 15- Função de Autocorrelação para Gasolina	52
Gráfico 16 - Gráfico de Resíduos para Gasolina.....	52
Gráfico 17 - Função de Autocorrelação para Etanol	53

Gráfico 18 - Gráfico de Resíduos para Etanol.....	54
Gráfico 19 - Função de Autocorrelação para Diesel	55
Gráfico 20 - Gráfico de Resíduos para Diesel.....	55

1. Introdução

O setor de transportes rodoviários tem uma grande importância na matriz energética do Brasil e tem sido responsável por cerca de 90%, em média, da demanda de energia de transportes do país nos últimos 20 anos, de acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2015). Desta forma, a demanda por combustível para veículos automotores se torna um importante tópico quando se trata de energia e deve ser cuidadosamente analisada e discutida. Atualmente, combustíveis fósseis dominam a matriz energética do setor de transportes e isso ocorre não apenas no Brasil, a despeito da alta participação do etanol, como em todo o mundo, o que torna este setor o mais dependente desta fonte de energia.

Há dois problemas referentes a essa dependência. O primeiro deles é que a natureza não renovável deste tipo de combustível resulta em um problema de segurança energética visto que suas reservas se reduzem com o consumo e, se não houver uma alternativa eficiente para demandas futuras, isto pode levar, em última instância, a um risco de fornecimento. O segundo é a emissão de gases de efeito estufa (GEE), dos quais o dióxido de carbono (CO₂) é o mais significativo deles. A queima de combustíveis fósseis emite uma grande quantidade destes gases, gerando preocupação na sociedade quanto à mudança climática e poluição atmosférica local. Com isso, uma solução interessante para encarar estes problemas pode ser a produção e aumento do consumo de biocombustíveis. O Brasil começou a trabalhar nessa direção em 1975 e, visto seus recursos naturais e seu clima favorável, o país tem uma grande capacidade de se tornar um líder da indústria de biocombustíveis (Budny, 2007).

Em 1975, após a crise do petróleo, o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Alcool (Pró-Alcool) com o intuito de diminuir a sua dependência externa por derivados de petróleo e aliviar balança comercial externa. Devido à queda do preço do açúcar na época e à tradição do país na plantação de cana, foi escolhido produzir o biocombustível a partir da cana de açúcar. Para incentivar a produção e consumo deste biocombustível, foram oferecidos incentivos fiscais e empréstimos bancários com juros abaixo da taxa de mercado para os produtores de cana-de-açúcar e para as indústrias automobilísticas que desenvolvessem carros movidos a álcool. De acordo com o estudo feito pela Embrapa (Soares, L. H., *et al.*, 2009) a utilização de etanol a partir da cana de açúcar é

particularmente interessante porque pode reduzir de 70 a 90% das emissões dos GEE em comparação com o uso de gasolina. Outras fontes de etanol como beterraba e milho, podem reduzir as emissões de 30-50% e 20-50% respectivamente. O gás natural veicular (GNV) também foi outra inovação que surgiu no final dos anos 80 como alternativa extra de combustível para veículos leves. Entretanto, este último não obteve o mesmo sucesso e adesão do etanol visto que tem baixa eficiência e ainda é necessário pagar pela instalação de um kit de conversão de GNV.

O incentivo à produção de etanol e a fabricação e compra de veículos movidos por este combustível funcionou bem até 1986, quando o preço dos derivados de petróleo começou a cair e o preço internacional do açúcar a subir. Assim, ocorreu um desestímulo à fabricação interna de etanol e o governo passou a importar dos Estados Unidos, ao mesmo tempo em que reduzia os subsídios para produção do combustível. Por causa disso, em 1990 o mercado brasileiro começou a reduzir a produção de veículos movidos a álcool, mas passou a vender gasolina com 20 a 25% de álcool anidro misturado para diminuir as emissões de CO₂ e amenizar o preço da gasolina para o consumidor. Entretanto, em 2003 a inovação dos carros com tecnologia *flex fuel* gerou um novo estímulo ao consumo interno de álcool, pois estes veículos podem ser movidos à gasolina, álcool ou a uma mistura dos dois. Segundo Kohlhepp (2010), o consumo do etanol no lugar da gasolina só compensa economicamente quando este biocombustível custa não mais que 70% do preço da gasolina, isto porque o etanol tem baixo poder calorífico. Assim, os motores *flex* deram ao consumidor uma maior liberdade na escolha do que será mais econômico para utilizar em seu carro. Como resultado, em 2006, 3 milhões de veículos leves usavam 100% de álcool hidratado e, em 2010, mais de 92% dos novos veículos vendidos tinham motores *flex* (Kohlhepp, 2010).

Além disso, em 2004, o governo também criou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e começou a introduzir o biodiesel na matriz energética do país. Entre os objetivos, dois deles são aumentar os componentes renováveis na nossa matriz energética e reduzir os problemas ambientais e de saúde ocasionados devido à combustão do óleo diesel. Atualmente, 7% do biodiesel são misturados ao óleo diesel comum ou aditivado para ser utilizado em determinados veículos leves, caminhões, tratores, ônibus, entre outros. Em relação ao mercado mundial de biocombustíveis, o Brasil ocupa atualmente a terceira posição mundial em produção e consumo de biodiesel,

atrás dos Estados Unidos e Alemanha, e o segundo lugar na produção e consumo de etanol, atrás apenas dos Estados Unidos (Xavier, 2007).

As principais motivações para este estudo é a alta importância e concentração da utilização do modal rodoviário no Brasil, o aumento da preocupação nacional e mundial com a mudança climática e a grande dependência energética do setor petrolífero. Quando analisada a matriz energética, a indústria do petróleo corresponde por 59% das necessidades mundiais (IEA, 2006). O Brasil, se tratando de um país em desenvolvimento, tem infraestrutura de transportes ainda não propícia a locomoção de carga e pessoas, e, portanto, isto estimula um aprimoramento e crescimento nesta área e é um dos pilares essenciais para seu desenvolvimento econômico. Além disso, em termos absolutos, o setor rodoviário é o maior emissor de CO₂ e consumidor de energia da matriz logística brasileira, o que faz com que a grande responsabilidade em relação a sustentabilidade do setor de transportes recaia sobre este modal.

Assim, olhando para a importância do setor de transportes e para o fato de que este setor contribui para cerca de um quarto do total global de emissões de CO₂ (Helm e Hepburn, 2011), este projeto visa analisar como o consumo de combustíveis tem evoluído ao longo dos anos e avaliar a quantidade de CO₂ emitido pela queima de determinados combustíveis desde 1990 no Brasil. Feito isto, o este trabalho também estima o consumo de gasolina, diesel e etanol até 2025 utilizando três cenários diferentes, através de análises econométricas realizadas no programa Stata. O presente estudo foi iniciado durante intercâmbio acadêmico na Inglaterra e se mostrou interessante e pertinente para que fosse aprofundado e aprimorado como trabalho de conclusão de curso.

O texto está organizado da seguinte forma: após esta introdução, o próximo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de alguns estudos que foram importantes para nortear este em base de dados e ideias. O terceiro capítulo analisa a demanda histórica de combustíveis e o comportamento do setor de transportes. No quarto capítulo, três cenários futuros para o consumo de combustíveis no Brasil são apresentados e explicados, assim como a metodologia adotada e as variáveis importantes para prever este consumo. No quinto capítulo, por sua vez, será feita uma análise da emissão de CO₂ no Brasil e será apresentada a metodologia de cálculo e a previsão de emissões para 2025. A seção seguinte comparará os resultados obtidos de demanda de gasolina, diesel e etanol e as emissões de CO₂ para 2025 nos três cenários. Então, o sexto capítulo finalmente resumirá as principais conclusões deste projeto.

2. Revisão Bibliográfica

Com o objetivo de se ter uma ideia melhor sobre quais dados deveriam ser pesquisados para tornar este projeto viável, diversos projetos e artigos de diferentes autores foram estudados e analisados. Muitos destes estudos não levaram em consideração a demanda de energia no Brasil e há poucos estudos publicados sobre a previsão de elasticidade de demanda de combustíveis automotivos no mercado brasileiro. Apesar disso, a análise destes estudos permitiu dar uma visibilidade sobre quais perguntas deveriam ser feitas, quais seriam as variáveis importantes a considerar e quais resultados deveriam ser esperados.

Durante as análises, percebeu-se a utilização de duas categorias de modelos para realizar as projeções energéticas: *Bottom-up* e *Top-down*. Abordagens *Bottom-up* analisam os usos finais da energia nos veículos de modo mais específico, procurando fazer uma detalhada descrição das tecnologias de conversão e utilização da energia, levando em conta, por exemplo, a eficiência energética dos veículos. Por outro lado, as metodologias que utilizam abordagens *Top-down* representam o consumo de forma mais abrangente, sem levar em conta a estrutura tecnológica do país, e sim considerando a evolução do PIB e da população, por exemplo, elaborando cenários socioeconômicos.

A maioria dos estudos analisados apresenta metodologia mais complexa que necessitaria de um estudo mais aprofundado e informações mais detalhadas que poderiam não ser alcançadas nas fontes disponíveis. Por isso, todas elas foram estudadas e analisadas, porém não foram aplicadas no presente estudo. Desta forma, esta seção tem o intuito de mostrar qual era o objetivo de alguns destes trabalhos e quais foram suas conclusões.

Alves e Bueno (2003) conduziu um trabalho analisando o comportamento de curto e longo prazo da demanda por gasolina no Brasil. Para isto, foi feita uma abordagem *top-down* e foram utilizadas técnicas de co-integração, que é uma análise estatística dos dados históricos utilizando algumas técnicas simples e os seguintes dados: Renda (PIB Per Capita), preço da gasolina e preço do álcool. O dado anual referente ao produto interno bruto (PIB), consumo per capita de gasolina e preço da gasolina foram de 1974 até 1999 e os dados anuais para o preço do álcool foram de 1984 a 1999. Após estimar a equação de co-integração, eles concluíram que o consumo de gasolina parece ter uma tendência

quadrática e que a demanda apresenta comportamento inelástico em relação ao preço da gasolina em longo prazo e completamente inelástico no curto prazo, o que significa que ao consumo da gasolina não varia na mesma na mesma proporção que a mudança de preço. Além disso, foi concluído que a elasticidade cruzada entre o álcool e a gasolina é positiva, o que significaria que o álcool seria um substituto para a gasolina, entretanto é considerado um substituto imperfeito visto que o valor absoluto encontrado foi baixo. A razão para tal resultado, pode ser devido ao gasto necessário na época analisada para mudar os motores dos veículos movidos a gasolina para etanol.

Iootty *et al.* (2009) analisou o consumo de combustíveis automotivos no Brasil durante o período de 1970 a 2005, além da demanda apenas de gasolina. Este estudo tentou explicar a performance da demanda de combustíveis e do comportamento dos consumidores com base nas elasticidades do preço e da renda em relação à gasolina, etanol, GNV e diesel. Para isso, utilizou a aproximação linear através do Sistema de Demanda Quase Ideal (*Almost Ideal Demand System – AIDS*), implementando dois métodos estimativos: o estático e o dinâmico. Os dados coletados para a utilização deste modelo foram dados anuais dos preços e consumo dos combustíveis, utilizando uma abordagem *top-down*. Foi concluído que a alta substitutibilidade entre gasolina e etanol existe e que o mesmo não ocorre entre a gasolina e o GNV, muito provavelmente devido ao mesmo motivo explicado acima, por ser necessário pagar para a instalação do Kit conversor e por este ser ainda menos eficiente que os outros. Por outro lado, a substitutibilidade entre gasolina e álcool está crescendo com o passar dos anos desde que o mercado passou a comercializar veículos *flex* e o consumidor passou a não precisar ter um custo extra ao optar, podendo escolher o combustível mais barato no momento.

No estudo de Dargay *et al.* (2007) foi empiricamente estimada a taxa de saturação de veículos para diferentes países, também com uma abordagem *bottom-up*, levando em consideração fatores demográficos, população urbana e densidade populacional. Também previu-se o crescimento do estoque de veículos rodoviários em 2030 usando o modelo de Gompertz para estimar a relação entre proprietários de veículos e renda per-capita ou PIB em 45 países. Após esta etapa, este estudo mostrou os efeitos do crescimento da frota de veículos na demanda de petróleo, projetando o crescimento mundial anual da demanda por combustíveis, e concluiu que em 2030 vai ocorrer um aumento expressivo na demanda do setor de transportes por petróleo devido ao forte crescimento da frota veicular em países em desenvolvimento.

Outro estudo sobre a demanda de combustíveis no setor rodoviário foi escrito por Bouachera e Mazraati (2007). Este elabora a previsão de demanda de combustíveis automotivos na Índia até 2030, fazendo uma abordagem *bottom-up*, que levou em consideração a frota veicular, a eficiência dos combustíveis e a distância média de viagem neste país. Sabe-se que o número de proprietários de frota a cada 1000 pessoas na Índia ainda é baixo, entretanto, o estudo apontou o rápido crescimento do PIB que resultou em uma taxa de crescimento do número de proprietários de veículos de 9,1% durante os anos 90, o que significa que a demanda de combustíveis na Índia estava crescendo aceleradamente e, desta forma, é importante realizar uma previsão para 2030. Para atingir este objetivo, a frota veicular foi modelada utilizando curvas de Gompertz, logística e quase logística e os dados usados foram do Japão, China, Coreia do Sul, Tailândia, Indonésia, Malásia e Índia. Foram, então, criados diferentes cenários de demanda de combustíveis para estimar o consumo em 2030. Com estas previsões, chegou-se à conclusão de que a frota veicular da Índia deveria ser 4 vezes maior em 2015 do que em 2002 e, visto o crescimento da população e economia do país na época, o número de veículos continuaria a aumentar de forma acentuada, o que afetaria consideravelmente a demanda por petróleo.

Além destes estudos, outros foram pesquisados com o intuito de analisar como era feita a previsão de emissão de gases poluentes resultantes da queima de combustíveis. No Brasil, o Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas de Veículos Automotores Rodoviários foi feito pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011a). Neste documento, as emissões dos veículos motorizados foram estimadas e, foram levadas em consideração as emissões de 1980 até 2009 para capturar a evolução das emissões resultando do aumento do estoque de veículos. Baseado no comportamento histórico e na atual situação da energia e leis ambientais do país, projeções das emissões foram feitas para o período de 2010 a 2020. Para calcular as emissões resultantes da combustão de gasolina e etanol e outros combustíveis, este inventário utilizou equações gerais que calculariam a taxa de emissão anual de determinados poluentes através da multiplicação do fator de emissão do poluente por quilômetro (g/km) pelo número de veículos de um determinado modelo em um determinado ano multiplicado pela intensidade de uso dos veículos (km/ano). Desta forma, as emissões oriundas de cada combustível foram calculadas separadamente para cada tipo de poluente e para cada tipo de modelo de carro em anos particulares. As emissões devido a combustão de GNV foram

calculadas multiplicando o fator de emissão do poluente considerado, expressado pela massa de poluente emitida por volume de GNV consumido (g/m^3), pelo consumo anual de GNV (m^3/ano). Para estimar o nível de emissão em 2020, foi considerado um cenário baseado na situação de energia e leis ambientais na época e as premissas adotadas durante o cálculo das emissões históricas foram mantidas.

O documento (MMA, 2011a) estimou o nível de emissão dos seguintes poluentes: monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, material particulado, aldeídos, hidrocarbonetos não metânicos, metano (CH_4) e CO_2 . Uma das conclusões do estudo foi que o metano irá reduzir de 70 quilo toneladas em 1991 para 28 quilo toneladas em 2020 e que a quantidade relativa de emissões de CH_4 emitido em 2009 passará de 67% devido a combustão de gasolina, 16% devido a etanol hidratado e 17% devido ao GNV para 39% devido a gasolina, 18% devido ao etanol e 43% devido a GNV em 2020. Em relação a emissão de CO_2 , segundo este documento, o nível em 2020 será 60% maior que em 2009, estimado a ser 270 milhões de toneladas ao invés de 170 milhões de toneladas em 2009. Segundo as estimativas realizadas, o percentual relativo neste caso passará de 56% oriundo da queima de diesel, 2% do biodiesel, 26% da gasolina, 17% do etanol e 2% do GNV em 2009 para 49% devido ao diesel, 2% ao biodiesel, 21% a gasolina, 24% ao etanol e 3% devido ao GNV em 2020.

O estudo feito por Schipper e Marie-Lilliu (1999) também mostrou a metodologia utilizada para calcular as emissões de carbono de um setor particular de transportes. Nele foi feita a multiplicação do total percorrido em viagens ou transporte de carga pelo vetor das partes modais, multiplicada pela intensidade energética de cada meio modal, multiplicando ainda pela soma de cada um dos combustíveis utilizados em cada um desses meios modais. Para fazer isso, os coeficientes padrões do IPCC (1996) são utilizados para converter o combustível consumido em emissões de carbono. Por outro lado, o Guia de Mensuração e Relatórios de Emissões de GEE da Operação do Frete de Transportes (*Guidance on Measuring and Reporting Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Freight Transport Operations*) (DEFRA, 2013) do governo do Reino Unido mostrou que também é possível calcular as emissões de GEE em um nível básico, apenas multiplicando a quantidade de combustível utilizado pelo fator de emissão deste combustível.

Após a análise inicial desta bibliografia, foi possível, então, estruturar as ideias que norteariam o planejamento deste projeto e buscar por dados históricos que

facilitariam a compreensão do comportamento da demanda de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil, dados estes que serão estudados nos capítulos seguintes.

3. Perfil do País e Contexto Energético no Setor de Transportes

Este capítulo irá analisar os dados históricos anuais do Brasil, desde 1990 até 2014, que são pertinentes para a temática deste projeto. Entre eles, se destaca a importância de observar o comportamento da demanda energética do país no setor de transportes em conjunto com a situação econômica do momento, a distribuição dos modais de transportes utilizados e dos tipos de combustíveis consumidos. Além dos dados anuais, serão analisados os comportamentos de alguns dados mensais que serão utilizados na metodologia para prever o consumo futuro de combustíveis.

3.1 PIB e Perfil de Consumo

Em 1994 a economia do Brasil passou por mudanças estruturais. As medidas de política liberal e o programa de estabilização implementados pelo governo permitiram uma valorização do Real frente a moedas estrangeiras e reduziram a taxa de inflação, finalmente controlando-a. Essas mudanças permitiram um crescimento da economia e um aumento do fornecimento de bens importados no mercado, assim como um aumento no número de carros importados, reduzindo preços de importação e aumentando a compra de automóveis no país (Alves e Bueno, 2003). Como resultado, a demanda energética do setor de transportes começou a crescer rapidamente até setembro de 1997, quando a economia brasileira foi afetada pela crise financeira global causada pela crise da Ásia e da Rússia (Carvalho e Souza, 2011). O período descrito pode ser facilmente identificado nos gráficos abaixo.

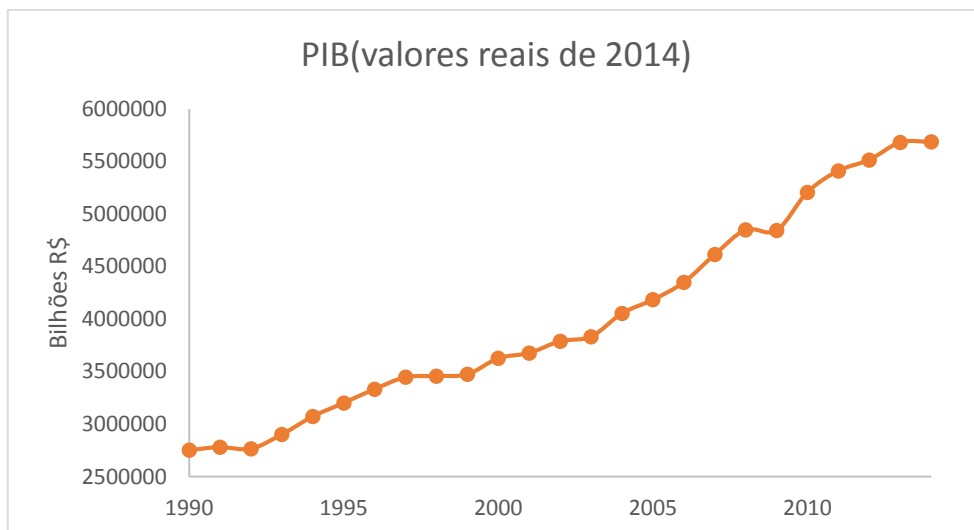


Gráfico 1 - Evolução do PIB: 1990-2014 – Fonte: BCB, 2015

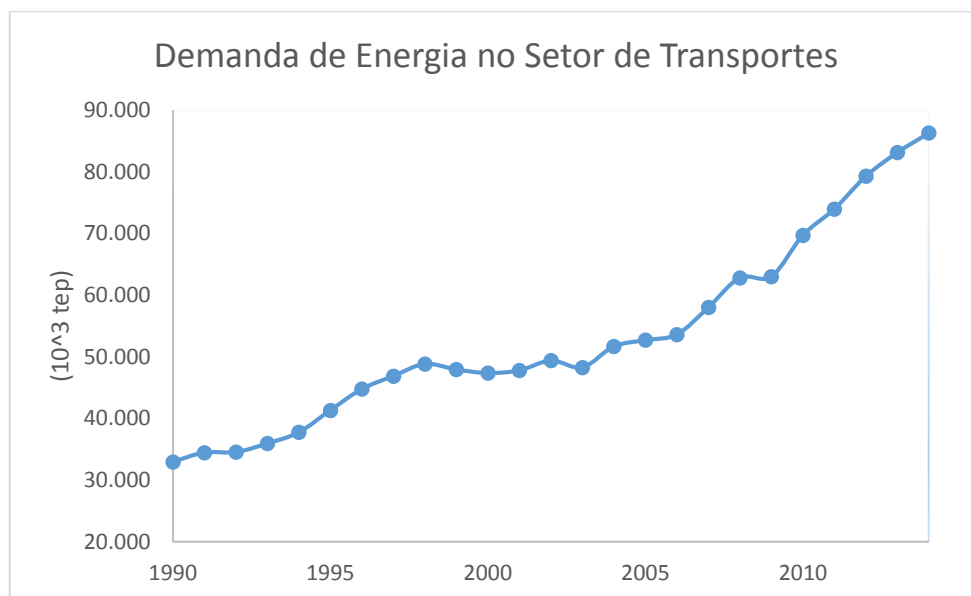


Gráfico 2 - Evolução da Demanda de Energia no Setor de Transportes: 1990-2014 – Fonte:MME, 2015

Através da análise destes dados, é possível calcular que de 1994 até 1998 a taxa de crescimento anual do PIB nacional foi de 2,6% e, como consequência do aumento na compra de veículos e da melhora da economia do país, a média anual de crescimento da taxa do consumo de energia pelo setor de transportes foi cerca de 6,7%. Durante o período instável de 1998 a 2003 no qual o Brasil foi afetado pelas crises internacionais, o PIB cresceu cerca de 2% por ano e a demanda de energia do setor em questão caiu 0,2% por ano, segundo cálculos feitos. Após 2003, o país não foi afetado por nenhuma turbulência expressiva até 2008, quando o Brasil foi novamente atingido por crises internacionais. O impacto desta crise foi relativamente de curto prazo no país e a economia brasileira voltou a crescer novamente no segundo trimestre de 2009 (Carvalho e Souza, 2011). A taxa

média mensal de crescimento da economia entre 2003 e 2008 foi de 4,8% e na demanda de energia pelos transportes foi ainda maior, sendo 5,4%. De 2008 a 2009 o PIB decresceu cerca de 0,2%, o que reflete a força do impacto causado pela crise, entretanto, não foi suficiente para diminuir o consumo de energia no setor, mas reduziu sua taxa de crescimento para 0,3%.

Desde 2009, a economia brasileira estava melhorando. O aumento da taxa anual de crescimento do PIB de 2009 a 2013 foi de 4% e o consumo de energia pelo setor de transportes estava aumentando em média 7,2% por ano, sendo a maior taxa de crescimento nos últimos anos. Entretanto, a análise dos dados a partir de 2013 permite perceber uma desaceleração na economia. Assim, a taxa média de crescimento anual do PIB de 2013 para 2014 passou a ser de apenas 0,1%, enquanto a demanda de energia pelo setor de transportes foi de 3,8%.

Em dezembro de 2015, o Centro de Pesquisa Econômica e de Negócios (CEBR, 2015) lançou a tabela *The World Economy League Table* em que mostrou o Brasil como nona posição entre as maiores economias mundiais, posição pior do que a de 2014 em que estava em 7º lugar. Tal mudança, segundo o relatório da CEBR, deve-se ao foco do país em projetos de prestígio e hospedagem de eventos esportivos internacionais em detrimento da continuação da reforma econômica. Para 2014, o PIB foi estimado em 2.347 bilhões de dólares enquanto em 2015 este valor passou para \$1.800 bilhões de acordo com o ranking mundial da CEBR. Tal situação deve-se à estagnação econômica na qual o país se encontra, com déficit fiscal e alta inflação, gerados por falta de investimento no setor de infraestrutura e de planejamento estratégico de longo prazo para a economia. Como resultado da situação econômica atual, a demanda por combustíveis derivados de petróleo no país caiu cerca de 5,1% em novembro de 2015 em comparação com igual período no ano anterior, segundo dados da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Nakagawa, 2016).

Tendo em vista as análises históricas feitas acima, assim como os cálculos de taxas médias de crescimento e seus reflexos, torna-se claro que alterações no PIB refletem significativamente em mudança no comportamento de consumo de energia no país para o setor de transportes.

3.2 Distribuição Modal e de combustíveis

No Brasil, o modal rodoviário é o mais utilizado e, visto que cerca de 90% (MME, 2015) da distribuição de utilização dos diferentes modais é concentrada nele (como mostra o gráfico abaixo), pode-se dizer que ele é o responsável pela maior parcela de energia consumida pelo setor de transportes e também pela maioria dos GEE emitidos pelo setor. Desta forma, se o objetivo é analisar e estimar o consumo de energia do setor de transportes, no Brasil, uma análise do modal rodoviário pode refletir muito bem as tendências do país. Esta análise dará uma ideia de como será a demanda de energia no setor em 2025 e irá simplificar o estudo. Assim, decidiu-se que as próximas etapas deste projeto serão focadas levando em consideração apenas o setor de transportes rodoviário.

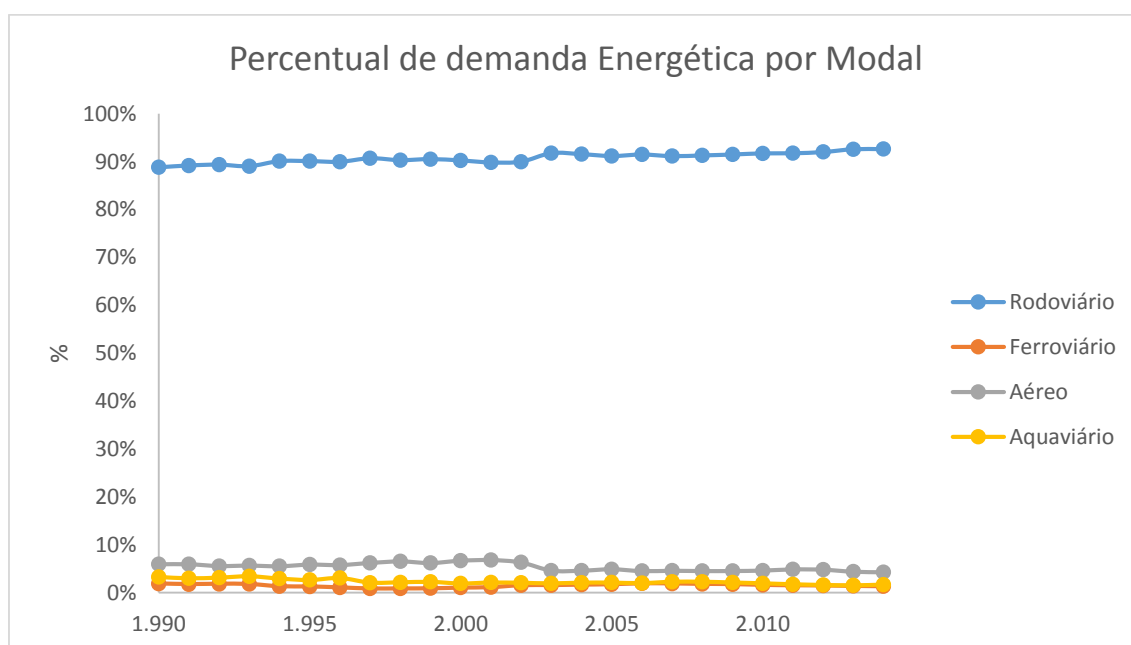


Gráfico 3 - Distribuição Modal - Fonte: MME,2015

Para analisar a distribuição de combustíveis utilizada dentro do setor rodoviário, o gráfico abaixo foi plotado usando dados obtidos no Balanço Energético Nacional no site do Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME, 2015).

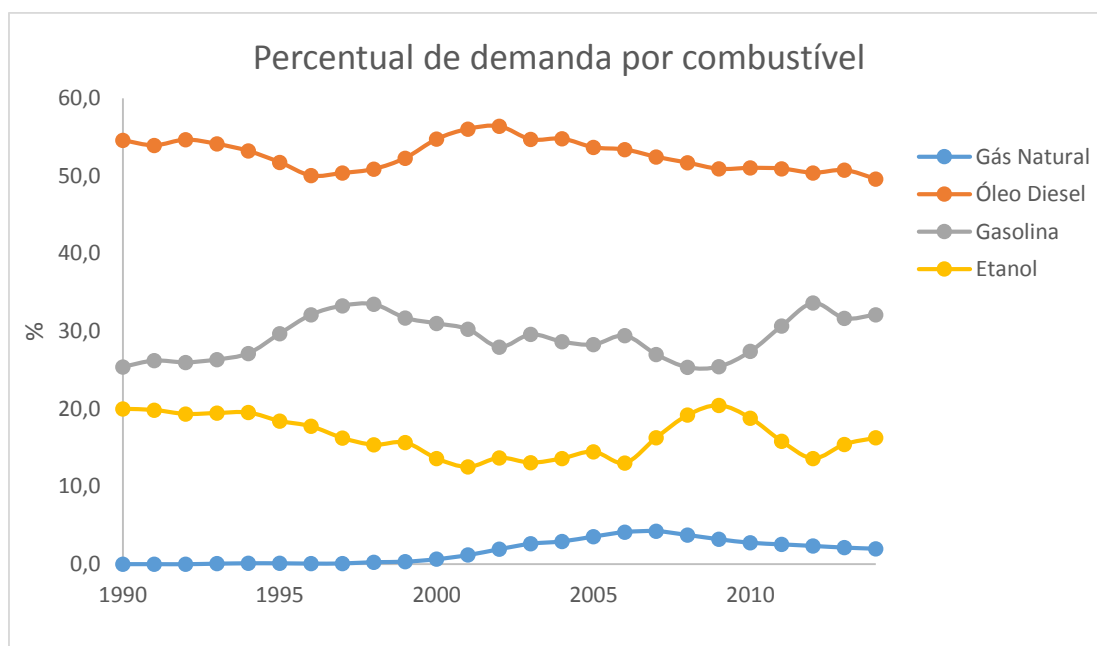


Gráfico 4 - Market Share da demanda por combustíveis no setor de transportes Rodoviário - Fonte: MME, 2015

O gráfico acima mostra que o combustível mais consumido por veículos de rodovia tem sido o óleo diesel, representando cerca de 52,9% do consumo de energia deste setor dentro do período analisado. Depois dele, a gasolina é o segundo combustível mais consumido, com um percentual em torno de 29% e o terceiro é o Álcool, com 16,5%. Para plotar este gráfico, as duas tipologias de álcool utilizadas dentro deste setor foram somadas, e, desta forma, álcool neste gráfico representa a soma do álcool anidro, utilizado para misturar na gasolina, e do hidratado, utilizado em veículos *flex*. Em relação ao gás natural, pode-se perceber que o percentual consumido ainda é muito baixo em comparação aos outros combustíveis, representando apenas 1,6%, e, por isso, ainda não é muito significativo para a demanda de energia do setor de transportes rodoviários e não será analisado nas próximas etapas deste estudo.

Em relação ao consumo de biocombustíveis, pode-se notar que este consumo começou a aumentar rapidamente a partir de 2006 até 2009, com taxa média de crescimento anual de 22,6% em relação a análise conjunta dos dois tipos de etanol, também aumentando sua quota consumida dentro do setor, enquanto a demanda por gasolina começou a diminuir no mesmo período, com taxa média de crescimento anual de apenas 0,5%. A taxa de crescimento média anual do álcool hidratado, usados nos veículos *flex*, foi ainda mais alta neste período, sendo de 32,4%. Após 2009, a demanda por etanol hidratado começou a diminuir, passando a ter taxa média de decréscimo de 11,8% entre 2009 e 2012 e, em contrapartida, o consumo de gasolina começou a

aumentar, com taxa média anual de crescimento da demanda igual a 18,6%. Isto ocorreu devido à queda nos preços de derivados de petróleo no início deste ano, o que reduziu a rentabilidade do biocombustível.

Além disso, a redução na demanda de etanol a partir de 2009 pode também ter sido ocasionada por outros fatores. Depois da crise de 2008, a demanda potencial de etanol cresceu muito, entretanto as dificuldades financeiras entre 2008 e 2010 resultaram numa redução da taxa de renovação de áreas já plantadas e em problemas de financiamento dos projetos de *greenfield*, resultando em um desequilíbrio entre oferta e demanda. Em adição, a safra de 2009/2010 foi afetada por chuva muito acima da média, e a de 2010/2011 por período de estiagem, o que gerou a quebra de safra nestes anos, prejudicando a qualidade da cana e a produtividade da colheita. O problema de oferta foi ainda agravado pelo aumento do preço do açúcar no mercado internacional, que foi um atrativo para se produzir açúcar em detrimento do etanol. Como resultado, desde 2009, em geral, o preço do álcool tem estado acima de 70% do preço da gasolina em muitos estados, fazendo com que a maioria dos proprietários de veículos *flex fuel* passem a utilizar gasolina (Almeida e Viegas, 2011).

A partir de 2012, pode-se perceber uma mudança na tendência de crescimento progressivo da demanda de gasolina automotiva e também uma mudança no comportamento da demanda de etanol hidratado. A taxa média anual de crescimento da demanda de gasolina de 2012 para 2013 foi negativa, passando a ser igual a -0,2% e a do etanol voltou a aumentar, sendo de 16,6% segundo cálculos feitos através dos dados do Balanço Energético Nacional. De 2013 para 2014, a taxa média de crescimento do consumo de etanol diminuiu para 6,1% enquanto a gasolina deixou de ter taxa negativa e voltou a ter crescimento no consumo, com aumento médio de 5,3% na demanda de um ano para o outro.

Segundo análises feitas pela OPEP (Nakagawa, F. (2016)) em novembro 2015, como dito anteriormente, a demanda por combustíveis derivados de petróleo diminuiu cerca de 5% em relação ao mesmo mês no ano anterior, sendo este um reflexo da desaceleração econômica do país. No que se refere a demanda específica por segmento, segundo a mesma fonte, a demanda de gasolina caiu 8,2%, o consumo de diesel caiu 7,2% e o de etanol foi o único cuja a demanda foi ampliada em 20,7% entre os meses de novembro de 2014 e 2015. O aumento na demanda deste biocombustível se deve a redução do preço deste, que incentivou o consumo, segundo a OPEP. Desta forma, é

visível que, atualmente, o consumo de etanol é relacionado ao consumo de gasolina no Brasil e, então, como reflexo, se espera que, se o preço da gasolina aumentar, haverá um aumento no consumo de etanol.

3.3 Análise mensal de dados para a metodologia aplicada

Como visto anteriormente, o consumo dos combustíveis pode variar de acordo com a situação econômica do país e também com o preço de cada um no mercado. Além disso, após a surgimento e ampliação de venda dos veículos *flex*, a escolha entre o uso da gasolina ou do etanol passou a ser, para muitos consumidores, uma questão de preço de compra. Desta forma, os gráficos abaixo mostram os dados mensais de preço e volume vendido de combustíveis pelas distribuidoras entre julho de 2001 a dezembro de 2012. Todos estes dados foram retirados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2015). Para a análise real dos preços médios de revenda, foi necessário utilizar o Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA mensal) fornecido pelo IBGE (2015) para deflacionar o preço da gasolina e do etanol e utilizou-se o Índice Geral de Preço – Mercado (IGP-M mensal) fornecido pela FGV (2015) para deflacionar o preço do Diesel, isto porque estes dados são fornecidos pela ANP em R\$ correntes (nominais). Todos os preços foram deflacionados de forma a ficarem baseados no mês de julho de 2001.

A escolha dos índices para deflacionar cada um dos preços foi norteada com base no estudo feito por Cunha (2015). Escolheu-se utilizar o IPCA para deflacionar o preço da gasolina e do etanol porque este índice reflete uma aproximação do custo de vida da população e é o principal índice nacional sob a ótica do consumidor, além de ser um medidor da influência direta e indireta da gasolina automotiva sobre a inflação. Já no caso do diesel, como o consumo deste é majoritariamente no transporte de cargas, ou seja, a serviço do mercado, entende-se que o IGP-M é melhor que o IPCA para estimar os impactos da influência direta e indireta do óleo diesel sobre a inflação e, portanto, foi considerado mais adequado para deflacionar o preço deste combustível.

Os dados referentes ao volume vendido por mês estavam em m^3 e foram convertidos para litros visto que o preço dos combustíveis estava em R\$/L. Para plotar os gráficos abaixo, aplicou-se o logaritmo natural tanto no volume dos combustíveis como no preço para reduzir a volatilidade e facilitar a análise.

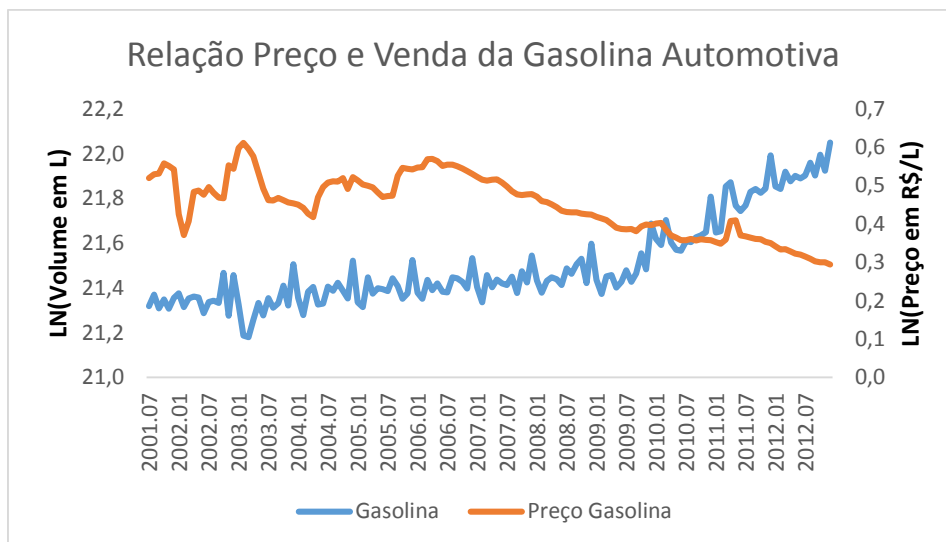


Gráfico 5 - Relação entre Preço e Venda da Gasolina Automotiva Fonte de dados: ANP, 2015

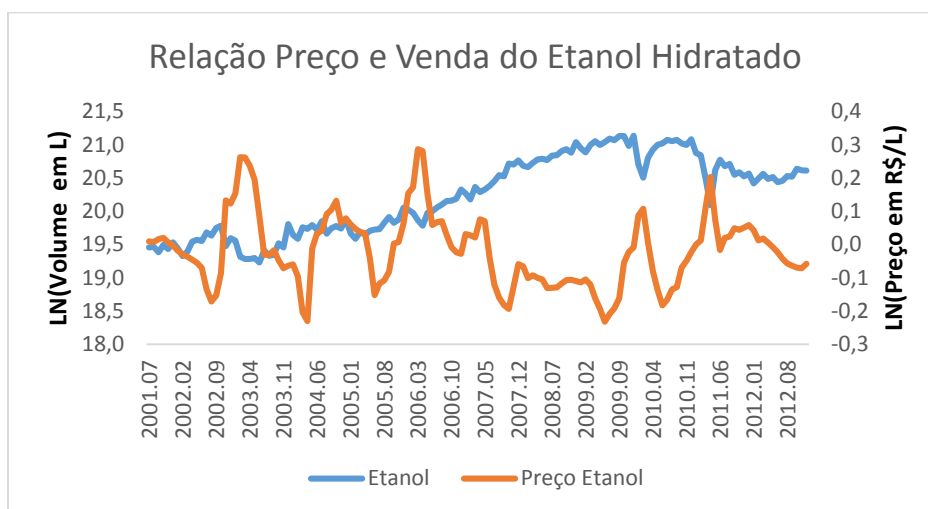


Gráfico 6 - - Relação entre Preço e Venda do Etanol Hidratado. Fonte de dados: ANP, 2015

Quando se refere ao consumo de gasolina e etanol, percebe-se que ambos reagem a variações de preço e, portanto, quando o preço destes sobe, há normalmente uma redução no consumo destes combustíveis e o inverso também é válido. Além disso, duas informações já apresentadas aqui podem ser confirmadas ao se observar estes dois gráficos. Uma delas se refere ao aumento da taxa de venda de etanol a partir de 2003 que ocorreu devido a comercialização dos veículos *flex*, permitindo ao consumidor a escolha entre a gasolina e o etanol. A outra trata-se do aumento da taxa de venda de gasolina a partir de 2009, quando houve a queda do preço do petróleo. Pela análise conjunta destes dados, observa-se que a tendência de crescimento de venda de etanol aumentou muito a partir de 2003 e esta se manteve até 2009. Entretanto, com a queda do preço do petróleo,

o consumo do biocombustível começou a cair, pois este se tornou menos competitivo que a gasolina, a qual ganhou maior tendência de crescimento de venda.

Além disso, ao se analisar o gráfico referente a gasolina, é possível perceber que as variações no preço deste combustível são menos expressivas. Isso ocorre porque, quando o barril de petróleo teve seu preço muito elevado no mercado, o governo passou a subsidiar os preços da gasolina e do diesel sob a justificativa de manter a inflação sob controle e não repassar volatilidade ao consumidor (Cunha, 2015). Assim, em 2014, por exemplo, o Brasil operou com o preço da gasolina abaixo do mercado internacional, como em junho deste ano no qual o barril chegou a US\$115,00 devido a conflitos no Iraque. Atualmente, entretanto, apesar do preço do barril de petróleo estar em queda e ter chegado a cerca de US\$30,00 em 14 de Janeiro de 2016, esta baixa de preços não está refletida no preço nacional da gasolina. Isto porque, a Petrobras fixa os preços dos combustíveis de acordo com critério próprio e também do governo, e este período de baixa de preço no mercado internacional é a oportunidade que a empresa tem de manter o preço das refinarias nacionais mais altos para compensar as perdas de 2014. Desta forma, apesar da cotação do petróleo ter caído 60% desde Junho de 2015, o preço da gasolina subiu 2,4% nos postos, enquanto o do diesel subiu cerca de 4,4%. De acordo com o Centro Brasileiro de Infra-Estrutura (CBIE,2015), a gasolina no Brasil está 14,4% acima dos valores do Golfo do México e o diesel está 47,1% acima.

Analisando a relação do consumo de Gasolina e Etanol, além da resposta à variação de preços deles mesmos, a partir dos veículos *flex*, estes combustíveis passaram a ser substitutos. Isto quer dizer que um aumento nos preços da gasolina resulta em um aumento no consumo de álcool, e, conseqüentemente, em uma redução do consumo de gasolina. O oposto também é válido e o consumo destes combustíveis é inversamente proporcional. Este comportamento inversamente proporcional pode ser comprovado através da análise do gráfico abaixo.

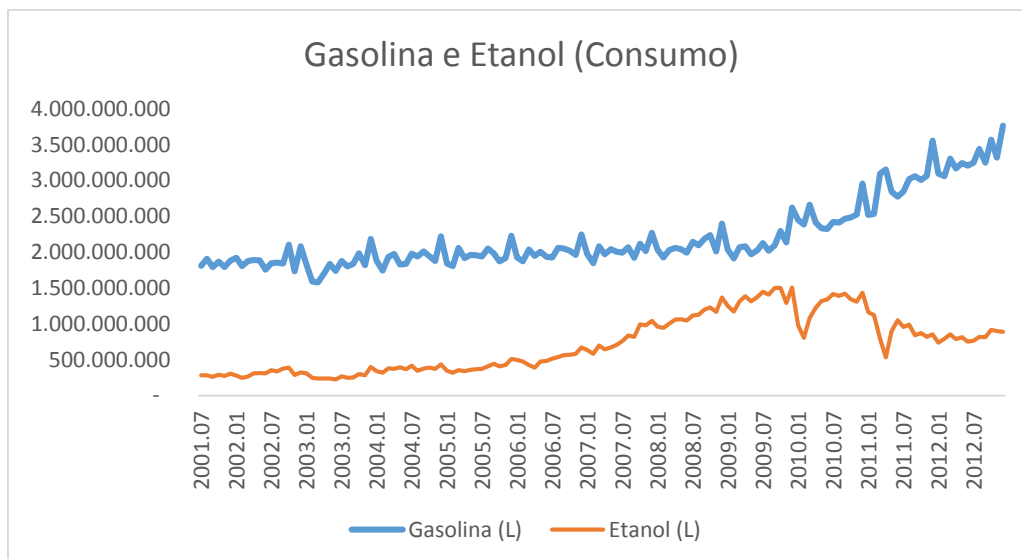


Gráfico 7 - Comparação da evolução do consumo da Gasolina e Etanol. Fonte: ANP, 2015

Em relação ao Diesel, o consumo deste também varia com o preço, entretanto esta variação não acompanha a mesma intensidade dos outros combustíveis, como pode ser visto no Gráfico 8 - Relação entre Preço e Venda do Óleo Diesel. Fonte de dados: ANP Gráfico 8. Isto porque, os veículos a diesel, em sua maioria, tratam-se de frotas pesados (grande porte), como caminhões e ônibus, não se tratando de consumidores individuais privados que podem reduzir seu consumo, deixando de se locomover por estes meios devido à alta dos preços. Diferente da relação existente entre etanol e gasolina, no Brasil, diesel e gasolina são fontes de energia para diferentes classes de veículos e, dada a não existência de uma possibilidade de substituição entre gasolina e diesel, não se espera que níveis de preço do óleo diesel afetem a demanda por gasolina.

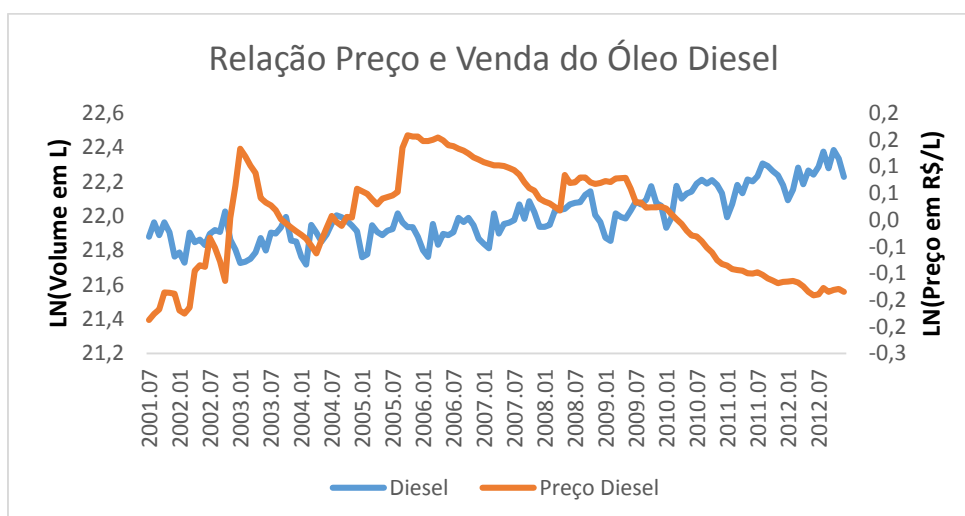


Gráfico 8 - Relação entre Preço e Venda do Óleo Diesel. Fonte de dados: ANP, 2015

4. Demanda Futura

Para fornecer uma previsão precisa do consumo de combustível é necessário utilizar modelos avançados que exigem mais dados e um grande número de observações. Por exemplo, seria interessante levar em conta o estoque de veículos, a extensão rodoviária do país e a eficiência energética dos veículos em uso. No entanto, devido aos recursos disponíveis, aplicou-se um modelo mais simples. Para decidir quais dados devem ser utilizados e pesquisados, a revisão da literatura especializada foi muito importante, pois mostrou as variáveis-chave geralmente utilizadas por outros estudos. A construção de cenários deste projeto será feita através de um estudo econométrico e, para tal, a escolha das variáveis explicativas é de extrema importância e depende do objetivo e natureza do estudo, sendo necessária a disponibilidade de dados em séries temporais.

Na revisão bibliográfica, foi possível perceber que existem duas tendências principais na escolha dos dados. Uma delas é a que considera as características da frota, analisando, por exemplo, a distância percorrida, o número de veículos e a eficiência energética dos modelos em trânsito para estimar o consumo de combustível necessário. A outra, por sua vez, leva em conta um conjunto de variáveis econômicas agregadas, como a capacidade de compra do consumidor e o preço dos combustíveis no mercado. Esta última abordagem é baseada na teoria econômica e inclui aspectos de composição de frota de maneira indireta. Como já foi possível notar ao longo das discussões feitas neste estudo, o foco se deu sobre as variáveis econômicas, que nos permitiram uma melhor análise e compreensão histórica, além de possuírem dados mensais disponíveis, fornecendo séries temporais mais sólidas.

4.1 Variáveis-chave

Como dito anteriormente, vários aspectos podem influenciar na demanda por combustível. Assim, para projetar a demanda futura de energia no setor de transportes rodoviário, algumas variáveis foram utilizadas, entretanto, diversas outras poderiam ter sido usadas para aperfeiçoar a análise e deixá-la mais consistente. No entanto, muitas variáveis consideradas interessantes não eram de fácil acesso ou não puderam ser usadas por estarem incompletas dentro do período analisado, ou não possuírem dados mensais disponíveis.

As discussões feitas até aqui já permitem inferir quais foram as variáveis escolhidas, entretanto, elas serão apresentadas a seguir com uma breve explicação para cada uma. A escolha por indicador macroeconômico como variável explicativa foi feita sob a justificativa de que as condições da economia podem e devem alterar os padrões de consumo da população.

- Produto Interno Bruto (PIB)

Através das análises históricas, foi possível verificar forte relação entre a situação econômica do país e o consumo energético. A demanda de energia pelo setor de transportes é, nitidamente, ligada ao crescimento global do produto interno bruto (PIB) do país, tanto para fins pessoais como para frete. Isso acontece porque, quando a economia do país está melhor, as pessoas terão, em geral, mais condição para arcar com os custos do combustível e poderão utilizar seus veículos para viagens a lazer e inclusive para curtas distâncias no dia-a-dia dentro de cidades, ao invés de utilizarem transportes públicos. No setor de transportes de mercadoria, o reflexo é basicamente o mesmo, visto que quando a condição econômica é melhor, o país produz mais e tem maior necessidade de frete ao invés de armazenar mercadorias por longos períodos. Além disso, maior PIB reflete em maior poder aquisitivo de compra, levando a um aumento da frota de veículos leves de passeio e também da frota pesada a serviço do mercado, gerando necessidade de maior volume de combustível. O aumento da compra de veículos próprios para fins pessoais como reflexo da ascensão econômica é uma realidade natural principalmente no Brasil, onde os transportes públicos disponíveis não são eficientes ou não se encontram em bom estado em muitas cidades e também devido à redução de IPI e aumento de crédito para estimular a economia, o que incentivou a compra de automóveis.

- População

A relação entre o crescimento da população e a demanda por combustíveis também é evidente. Afinal, em uma país que o meio de transporte é baseado no modal rodoviário, um crescimento acelerado da população resultará em maior necessidade de transporte e, conseqüentemente, maior consumo de combustíveis. Esta variável foi inserida em conjunto com PIB, tendo sido utilizado para as análises econométricas o PIB per capita, em que foi considerado o PIB do país dividido pela população brasileira naquele mês ou ano.

- Preço dos combustíveis

Como visto anteriormente, o preço dos combustíveis no mercado pode estimular ou retrain o consumo destes. Isto ocorre não só numa análise individual do próprio combustível, por exemplo, o aumento do preço da gasolina inibirá o consumo desta, como também, no caso da gasolina e do etanol, em que o preço de um pode estimular o consumo do outro. Desta forma, para análise do consumo de gasolina, assim como do etanol, será levado em conta o preço do mesmo (no caso a gasolina) e também do outro (etanol), pois redução do preço do etanol pode levar a uma redução no consumo de gasolina em veículos *flex fuel*. Para o caso do consumo de óleo diesel, só é considerado o preço do próprio diesel, visto que os frotas que utilizam este combustível não podem substituí-lo por outro, sendo apenas o preço do mesmo que influenciará na demanda.

- Demanda do combustível no mês anterior e aspectos sazonais

A análise histórica da demanda por cada tipo de combustível é essencial para entender o comportamento do consumo. Desta forma, incluir na análise o consumo do mês anterior se mostrou interessante, ao passo que este consumo pode gerar influência sobre a demanda presente. Da mesma forma, como visto nas curvas mensais de consumo, existe um aspecto sazonal no consumo que deve, também, ser levado em conta.

4.2 Metodologia

Para realizar a estimativa da demanda de gasolina, diesel e etanol em 2025, é necessário utilizar uma equação que represente bem o comportamento do consumo de cada um desses combustíveis. Desta forma, resolveu-se utilizar o software de estatística Stata, que é completo, preciso e, principalmente, de fácil uso, para que, através dele, fosse possível realizar análises econométricas que garantissem a escolha de coeficientes para uma equação de boa qualidade. Este software é amplamente utilizado e permite avaliar o desempenho da regressão através de testes estatísticos de forma simples. Além disso, os testes de Durbin-Watson e a autocorrelação dos resíduos são mais facilmente analisados nele do que através de regressões do excel.

A abordagem escolhida para realizar a projeção energética foi a *top-down*, elaborando a partir de cenários socioeconômicos. Os dados referentes ao consumo dos combustíveis foram retirados da tabela de “Vendas pelas Distribuidoras, dos Derivados

Combustíveis de Petróleo (metros cúbicos)” da ANP (2015) e para o preço dos combustíveis foi considerado o preço médio de revenda do Relatório de Defesa da Concorrência também da ANP. Já o PIB foi retirado do Boletim do Banco Central do Brasil (BCB, 2015) e a População Residente para calcular o PIB per capita foi retirada do IBGE (2015). Visto que o preço e o PIB estavam em valores correntes (nominais), foi necessário utilizar o IPCA mensal fornecido pelo Banco Central (2015) para deflacioná-los, baseando os valores em julho de 2001. Com o intuito de aumentar a base de dados de forma a ter uma análise mais confiável, utilizou-se dados mensais para aumentar a amostra, começando em Julho de 2001 até dezembro de 2012, e estes se encontram no Anexo 1. Alguns dados possuíam informações mensais anteriores a 2001 e que chegavam até 2015, entretanto, para que fosse possível aumentar o período de análise era necessário que as informações mensais de todas as variáveis utilizadas compreendessem o mesmo intervalo e, por isso, foi definindo este intervalo de análise como o que foi comum a todos os dados disponíveis de acesso.

As regressões feitas no Stata foram realizadas com todos os dados das séries temporais em logaritmos naturais para reduzir a volatilidade dos dados. Para todas as análises apresentadas durante este capítulo, as notações a seguir significam:

- $\Delta(\text{PIB/Cap})$ é a variação relativa do Produto Interno Bruto do Brasil per capita
- P_{gas} é o preço médio de revenda da gasolina, com unidade em R\$/L
- P_{etoh} é o preço médio de revenda do etanol em R\$/L
- P_{diesel} é o preço médio de revenda do óleo Diesel em R\$/L
- G_t é o volume vendido de gasolina em m^3 pelas distribuidoras
- E_t é o volume vendido de etanol em m^3 pelas distribuidoras
- D_t é o volume vendido de diesel em m^3 pelas distribuidoras
- G_{t-1} é o volume de gasolina vendido pelas distribuidoras no período exatamente anterior (m^3)
- E_{t-1} é o volume de etanol vendido pelas distribuidoras no período exatamente anterior (m^3)
- D_{t-1} é o volume de diesel vendido pelas distribuidoras no período exatamente anterior (m^3)

- Y_t representam um vetor de variáveis dummy sazonais para remover a sazonalidade

As funções de regressão para as análises feitas no Stata são:

$$\ln(D_t) = c_1 + \alpha_1 \ln(D_{t-1}) + \mu_1 \ln(P_{dies}) + \varepsilon_1 \ln(PIB/cap) + \beta Y_t$$

$$\ln(G_t) = c_2 + \alpha_2 \ln(G_{t-1}) + \mu_2 \ln(P_{gas}) + p_2 \ln(P_{etoh}) + \varepsilon_2 \ln\left(\frac{PIB}{cap}\right) + \beta Y_t$$

$$\ln(E_t) = c_3 + \alpha_3 \ln(E_{t-1}) + \mu_3 \ln(P_{etoh}) + p_3 \ln(P_{gas}) + \varepsilon_3 \ln\left(\frac{PIB}{cap}\right) + \beta Y_t$$

Onde, c , α , μ , p , ε e β são constantes a serem encontradas através do resultado das regressões.

Para calcular as demandas futuras de diesel, gasolina e etanol até o ano de 2025 um modelo econométrico simples foi utilizado, baseado nas seguintes equações:

$$D_t = D_{t-1} x \left(1 + \varepsilon_1 x \Delta\left(\frac{PIB}{cap}\right)\right) \dots \dots \dots (1)$$

$$G_t = G_{t-1} x \left(1 + \varepsilon_2 x \Delta\left(\frac{PIB}{cap}\right)\right) \dots \dots \dots (2)$$

$$A_t = A_{t-1} x \left(1 + \varepsilon_3 x \Delta\left(\frac{PIB}{cap}\right)\right) \dots \dots \dots (3)$$

Para estimar os valores dos coeficientes ε_1 , ε_2 e ε_3 análises de regressão foram feitas através do Stata. Estes coeficientes, por sua vez, representam também a elasticidade PIB per capita da demanda destes combustíveis, visto que os dados inseridos no software foram em logaritmos naturais.

Para calcular as projeções, decidiu-se criar três cenários para que os resultados pudessem ser comparados entre si. Como a atividade econômica é um fator fundamental do cenário socioeconômico que sustenta a demanda de recursos e energia, possuir hipóteses robustas para as taxas futuras de crescimento do PIB é essencial. Desta forma, foi feita uma pesquisa de forma a encontrar as previsões que mais se adequam ao momento atual pelo qual o Brasil passa. A maioria das projeções encontradas para o PIB do país foram feitas antes da atual recessão e, com isso, as taxas de crescimento consideradas são muito otimistas e se tornaram obsoletas.

Assim, para criar os três cenários do PIB, utilizou-se os cenários considerados pelos pesquisadores que produzem alternativas de desenvolvimento da sociedade futura, descritos como Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) (Dellink *et.al*, 2015). Os SSPs descrevem alternativas plausíveis de mudança em fatores demográficos, econômicos, tecnológicos, sociais, de governança e em fatores ambientais. Para isso, eles levam em conta componentes qualitativos das tendências gerais de desenvolvimentos em grandes regiões do mundo, como análises da qualidade das instituições, estabilidade política e consciência ambiental e, também, componentes quantitativos que fornecem hipóteses comuns para elementos como população, crescimento econômico e mudanças tecnológicas.

Dos cinco cenários de SSPs disponíveis, foram escolhidos três que fornecem taxa de crescimento do PIB de 2020 a 2025. Os cenários disponíveis estão na Tabela 1 abaixo que foi elaborada com dados do Banco Central do Brasil e previsões do SSPs, e os escolhidos foram o SSP2, SSP3 e SSP5 destacados.

% Crescimento anual do PIB						
Cenários	2015	2016	2017	2018	2019	2020-2025
SSP1	-3,08%	1,63%	1,09%	1,77%	2,20%	4,40%
SSP2	-3,08%	1,63%	1,09%	1,77%	2,20%	2,80%
SSP3	-3,08%	1,63%	1,09%	1,77%	2,20%	2,10%
SSP4	-3,08%	1,63%	1,09%	1,77%	2,20%	2,50%
SSP5	-3,08%	1,63%	1,09%	1,77%	2,20%	4,90%

Tabela 1 - Taxa de crescimento do PIB - Fonte: BCB (2015) e Spencer (2015)

Percebe-se que as taxas de 2014 a 2019 são iguais para todos cenários, isto porque foram baseadas em previsões feitas pelo Banco Central do Brasil, disponíveis no Sistema de Expectativas de Mercado do site do BCB, (BCB, 2015) enquanto as previsões de 2020 a 2025 fazem parte das análises do SSPs.

Como é utilizada a variação relativa do PIB per capita na fórmula a ser aplicada para calcular as previsões de volume demandado, foi necessário buscar as estimativas de população do Brasil feitas pelo IBGE para os anos de 2014 a 2025 para termos então o PIB per capita, e ser possível obter a variação anual relativa deste.

Os três cenários econômicos considerados, serão, então, nomeados da seguinte forma:

- Cenário 1: Médio Crescimento Econômico (MCE), com taxas referente ao SSP2;

- Cenário 2: Baixo Crescimento Econômico (BCE), com taxas da tabela acima referentes a linha SSP3;
- Cenário 3: Alto Crescimento Econômico (ACE), com taxas referentes ao SSP5.

Os dados da população e os PIBs anuais calculados de acordo com as taxas utilizadas se encontram na tabela abaixo:

Ano	População	Cenário 1 - MCE	Cenário 2 - BCE	Cenário 3 - ACE
		PIB (R\$ milhões)	PIB (R\$ milhões)	PIB (R\$ milhões)
2012	199.242.462	5.515.185,2	5.515.185,2	5.515.185,2
2013	201.032.714	5.681.390,9	5.681.390,9	5.681.390,9
2014	202.768.562	5.687.309,0	5.687.309,0	5.687.309,0
2015	204.450.649	5.511.975,6	5.511.975,6	5.511.975,6
2016	206.081.432	5.422.314,1	5.422.314,1	5.422.314,1
2017	207.660.929	5.481.622,2	5.481.622,2	5.481.622,2
2018	209.186.802	5.578.622,5	5.578.622,5	5.578.622,5
2019	210.659.013	5.691.248,7	5.691.248,7	5.691.248,7
2020	212.077.375	5.850.603,7	5.810.764,9	5.970.119,9
2021	213.440.458	6.014.420,6	5.932.791,0	6.262.655,8
2022	214.747.509	6.182.824,4	6.057.379,6	6.569.525,9
2023	215.998.724	6.355.943,4	6.184.584,6	6.891.432,7
2024	217.193.093	6.533.909,9	6.314.460,9	7.229.112,9
2025	218.330.014	6.716.859,3	6.447.064,5	7.583.339,4

Tabela 2 - Valores de População e PIB dos cenários para a Projeção

4.3 Resultados obtidos nas Regressões

Para realizar as regressões no Stata, além dos dados utilizados já citados na metodologia (Preço dos combustíveis, volume vendido pelas distribuidoras no período exatamente anterior, e PIB/Cap), também foram inseridas dummies para cada mês para considerar a sazonalidade presente ao longo de um ano. Dentre as regressões feitas no software, estas foram as que apresentaram melhores resultados em comparação com as que não consideraram efeitos da sazonalidade. A seguir, os resultados das regressões para cada combustível serão apresentados resumidamente.

Combustível	R-squared	Adj R-squared
Diesel	0,961	0,956
Gasolina	0,957	0,952
Etanol	0,979	0,977

Tabela 3 - Valores de R²- Fonte:Stata

As equações abaixo apresentam os coeficientes e os valores de “t” para cada uma das variáveis utilizadas, assim como uma representação da significância de cada uma delas:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(D_t) = & 13,97 + 0,17 \text{Ln}(D_{t-1}) - 0,27 \text{Ln}(P_{\text{dies}}) + 0,63 \text{Ln}(\text{PIB/Cap}) + \beta Y_t \\ & 12,72^{***} \quad 2,65^{***} \quad -7,42^{***} \quad 12,24^{***} \\ \\ \text{Ln}(G_t) = & 6,02 + 0,68 \text{Ln}(G_{t-1}) - 0,52 \text{Ln}(P_{\text{gas}}) + 0,21 \text{Ln}(P_{\text{etoh}}) + 0,17 \text{Ln}(\text{PIB/Cap}) + \beta Y_t \\ & 5,93^{***} \quad 12,80^{***} \quad -4,60^{***} \quad 3,98^{***} \quad 3,49^{***} \\ \\ \text{Ln}(E_t) = & -2,43 + 0,78 \text{Ln}(E_{t-1}) - 0,86 \text{Ln}(P_{\text{etoh}}) + 1,12 \text{Ln}(P_{\text{gas}}) + 0,96 \text{Ln}(\text{PIB/Cap}) + \beta Y_t \\ & -3,73^{***} \quad 23,69^{***} \quad 7,93^{***} \quad 5,42^{***} \quad 6,27^{***} \end{aligned}$$

Onde:

- “*” representa variável estatisticamente significante a 10% ($P > 0,1$);
- “**” representa variável estatisticamente significante a 5% ($P > 0,05$);
- “***” representa variável estatisticamente significante a 1% ($P > 0,01$);
- Y_t representa um vetor de variáveis dummy sazonais;
- β é um vetor com os valores dos coeficientes referentes a Ψ_t

Os resultados detalhados do Stata estão presentes no Anexo 2, onde se encontram também as valores de β que não foram especificados aqui. Para gasolina, utilizou-se Y para todos os meses de janeiro a novembro. Para o etanol, entretanto, não se utilizou Y para o mês de março, e para o diesel não se utilizou Y para fevereiro, por estes terem apresentado significância extremamente baixa quando foram considerados. Em anexo também estão os gráficos de Função de Autocorrelação e os de Resíduos das regressões feitas, além dos valores encontrados para a estatística Durbin-Watson, que serviram para testar a autocorrelação dos resíduos. Os valores da estatística Durbin-Watson podem variar, em módulo, entre 0 e 4, sendo que, valores próximos a 2, como foram encontrados, significam que não há autocorrelação na amostra.

Fazendo uma análise dos valores encontrados para R^2 ajustado de cada combustível, observa-se que o etanol é o que consegue descrever maior percentual da variabilidade experimental, pois consegue descrever aproximadamente 98% dos experimentos. Contudo, para o diesel e a gasolina também foram encontrados R^2 ajustados elevados (acima de 95%), o que significa que os modelos obtidos através do software são capazes de explicar, respectivamente, 95,6% e 95,2% da variabilidade experimental, ou seja, todos os modelos encontrados têm uma boa aderência ao comportamento real do consumo de cada combustível. Quanto às significâncias estatísticas obtidas, percebe-se pelos “*” representados nas equações acima que todas apresentam P-Valor muito

próximo a zero, mostrando que as variáveis escolhidas foram significantes em todos os casos para explicar o modelo, considerando 1% de significância.

Em relação aos resultados da regressão do diesel, observa-se que o seu consumo apresenta comportamento inelástico quando ocorre alterações nas variáveis relacionadas, ou seja, variações no preço do diesel, no consumo no ano anterior, ou no PIB/cap interferem pouco na sua demanda, de forma que variações no percentual destas variáveis refletem em variações percentuais menores do que o proporcional no consumo. Entretanto, entre as variáveis explicativas utilizadas para prever um modelo de consumo para o diesel, o PIB/cap é o que tem maior capacidade de alterar o volume a ser vendido, pois apresenta maior valor de elasticidade (coeficiente igual a 0,63), o que significa que variações de 1% no PIB/cap irão gerar aumento de 0,63% no consumo. Este comportamento é coerente com a análise feita anteriormente de que os veículos que consomem diesel são, em sua maioria, frotas pesados que estão a serviço do mercado e, então, uma melhor economia gerará maior necessidade de frete e transporte de pessoas. Além disso, como era de se esperar, a elasticidade preço do diesel para sua quantidade demandada é negativa, fazendo com que um aumento no seu preço leve a uma redução na sua demanda.

Em relação à gasolina, a variável que causa maior reflexo na sua demanda é o consumo do ano imediatamente anterior, pois este possui maior valor de elasticidade, mostrando que a quantidade consumida no ano imediatamente anterior afeta positivamente na demanda atual. Para este combustível, a demanda também se mostrou inelástica a alterações em todas variáveis, e o comportamento em relação ao preço da própria gasolina foi coerente com o esperado, visto que apresentou elasticidade negativa. Quanto a elasticidade preço cruzada referente ao etanol, o resultado também foi coerente, já que o valor encontrado foi positivo, o que comprova que a gasolina e o etanol são bens substitutos, fazendo com que um aumento no preço do etanol ocasione um aumento na demanda de gasolina, mesmo que pouco expressivo.

No que se refere ao modelo obtido para a demanda de etanol, este foi o que se mostrou mais sensível a alteração nas suas variáveis explicativas, visto que os valores das elasticidade são maiores, em módulo. Além disso, a demanda de etanol se mostrou elástica apenas a alterações no preço da gasolina, apresentado elasticidade preço cruzada positiva e maior do que 1, significando que um aumento de 1% no preço da gasolina gerará aumento na demanda de etanol de 1,12%, evidenciando sua sensibilidade ao preços

deste bem substituto. O consumo do etanol também é sensível a alterações no PIB/cap, visto que variações de 1% do PIB/cap refletirá quase que proporcionalmente (0,96%) no aumento do volume demandado. Em relação ao preço do próprio etanol, o comportamento também foi de acordo com o esperado, dado que o sinal negativo da elasticidade representa uma redução do consumo deste no caso de uma elevação nos seus preços.

Com os resultados obtidos nas regressões foi possível encontrar as elasticidades para as equações de previsão, as quais foram, então, completadas e são apresentadas abaixo:

$$D_t = D_{t-1} \times \left(1 + 0,63 \times \Delta \left(\frac{PIB}{cap} \right) \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$G_t = G_{t-1} \times \left(1 + 0,17 \times \Delta \left(\frac{PIB}{cap} \right) \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$A_t = A_{t-1} \times \left(1 + 0,96 \times \Delta \left(\frac{PIB}{cap} \right) \right) \dots \dots \dots (3)$$

A tabela abaixo apresenta os valores obtidos:

Previsão da demanda - Volume em m3									
Ano	Cenário 1 - MCE			Cenário 2 - BCE			Cenário 3 - ACE		
	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel
2014	44.364.246,8	12.994.115,2	60.031.617,6	44.364.246,8	12.994.115,2	60.031.617,6	44.364.246,8	12.994.115,2	60.031.617,6
2015	44.064.395,0	12.510.618,1	58.563.663,2	44.064.395,0	12.510.618,1	58.563.663,2	44.064.395,0	12.510.618,1	58.563.663,2
2016	43.879.792,3	12.222.080,4	57.676.022,1	43.879.792,3	12.222.080,4	57.676.022,1	43.879.792,3	12.222.080,4	57.676.022,1
2017	43.904.621,0	12.260.152,6	57.794.093,1	43.904.621,0	12.260.152,6	57.794.093,1	43.904.621,0	12.260.152,6	57.794.093,1
2018	43.983.178,0	12.380.918,5	58.168.218,6	43.983.178,0	12.380.918,5	58.168.218,6	43.983.178,0	12.380.918,5	58.168.218,6
2019	44.083.227,8	12.535.962,8	58.646.930,3	44.083.227,8	12.535.962,8	58.646.930,3	44.083.227,8	12.535.962,8	58.646.930,3
2020	44.245.438,1	12.789.905,9	59.427.675,7	44.184.938,2	12.694.712,9	59.135.634,3	44.398.468,7	13.028.747,0	60.162.948,5
2021	44.410.635,6	13.052.797,0	60.230.430,2	44.296.379,1	12.870.978,3	59.675.242,9	44.725.605,7	13.557.238,3	61.766.746,7
2022	44.578.834,0	13.324.949,2	61.055.726,0	44.410.462,9	13.053.468,9	60.231.286,2	45.057.603,0	14.111.255,4	63.425.539,3
2023	44.750.014,2	13.606.634,5	61.903.949,6	44.527.160,6	13.242.301,3	60.803.895,1	45.394.483,3	14.692.082,3	65.141.196,9
2024	44.924.204,3	13.898.212,4	62.775.731,0	44.646.489,8	13.437.671,7	61.393.433,5	45.736.317,5	15.301.155,2	66.915.905,5
2025	45.101.419,5	14.200.035,8	63.671.655,0	44.768.455,4	13.639.763,0	62.000.213,1	46.083.164,0	15.939.968,4	68.751.870,8

Tabela 4 - Resultados das Previsões de Demanda de Combustíveis

5. Emissão de CO₂

Sabe-se que a queima de combustíveis derivados do petróleo é uma grande fonte de emissão dos GEE para a atmosfera e é uma das grandes responsáveis pela poluição do ar. Segundo estudo feito pelo IPCC (2006), a combustão do petróleo para produzir 1GJ de energia, libera para a atmosfera cerca de 13,3kg de CO₂, 0,003kg de CH₄ e 0,00006kg de N₂O. Assim, apesar do metano CH₄ e do óxido nitroso (N₂O) terem potencial de efeito estufa muito maior do que a liberação do CO₂ (uma molécula de CH₄ tem potencial 21 vezes maior e uma de N₂O tem 310 vezes a capacidade do CO₂), a quantidade emitida do CO₂ é muito mais significativa e, por isso, decidiu-se calcular a quantidade emitida deste gás devido a combustão de gasolina e do óleo diesel. A queima do etanol produzido no Brasil através da cana de açúcar também emite CO₂, entretanto, este foi absorvido pela planta durante o seu crescimento, via processo de fotossíntese. Por isso, neste trabalho, para fins de cálculo, considerou-se como 0 as emissões derivadas desta queima.

Todavia, se fosse considerado todo o ciclo de vida do etanol, a emissão de gás carbônico final não seria nula, pois entraria nos cálculos a quantidade de GEE que se produz desde a preparação do solo para plantio até seu transporte e utilização. Por exemplo, ao analisar o ciclo de vida, seria considerado emissões como as ocorridas durante a fabricação e aplicação de fertilizantes, a construção de usinas de álcool, a fabricação de máquinas e tratores e a queima de resíduos agrícolas. Porém, o mesmo seria feito com a produção de gasolina e diesel, que seriam analisados desde a extração do petróleo até a combustão nos motores dos veículos.

Apesar do ciclo de vida destes combustíveis não ter sido considerado no presente trabalho, o estudo feito pela Embrapa (Soares, L. H., & et al. (2009) levou em conta todos estes fatores. Para isso, ele utilizou dados do painel de mudanças climáticas da Organização das Nações Unidas e medições feitas no campo para calcular toda quantidade de CO₂ equivalente resultante da produção e queima destes combustíveis, com o intuito de contabilizar o impacto total na mitigação dos GEE com a mudança de diesel ou gasolina para etanol. O resultado encontrado foi que, mesmo com as emissões ocorridas ao longo do processo de produção do etanol, a utilização deste ainda tem a capacidade de reduzir cerca de 77% das emissões de gás carbônico se comparados com o uso da gasolina misturada com etanol anidro do Brasil e cerca de 76% se comparado ao uso de óleo diesel.

Neste projeto, como dito anteriormente, o ciclo de vida não será contabilizado devido a sua alta complexidade. Desta forma, será considerado como 0 a emissão de CO₂ resultante da queima de etanol, visto que este é oriundo da composição da cana de açúcar ser de carbono, derivado exclusivamente da absorção de gás carbônico para fotossíntese, como já explicado anteriormente. Será, então, calculada uma estimativa da quantidade de gás carbônico emitida pela combustão de diesel e gasolina de acordo com o volume consumido destes combustíveis desde 2002 até 2014 e, depois de estimada a demanda futura de combustível, também será feita uma previsão de emissões resultantes. Este cálculo será feito com base na equação abaixo:

$$Q_{CO_2} = \text{Quantidade de Combustível Vendido (TJ)} \times \text{Fator de Emissão}_{CO_2} \left(\frac{tCO_2}{TJ} \right)$$

Os dados sobre a quantidade vendida de combustíveis pelas distribuidoras, em volume, é o mesmo utilizado na seção anterior para análise de consumo mensal, retirados da ANP (2015). Como fatores de emissão de CO₂, foram utilizados os dados do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI, 2010), de acordo com o Segundo Inventário brasileiro de emissões antrópicas de GEE, e estes são apresentados abaixo:

Fatores de Emissão de CO ₂		
Gasolina=	63,7	tCO ₂ /TJ
Óleo Diesel=	71,0	tCO ₂ /TJ

Tabela 5 - Fatores de Emissão de CO₂ - Fonte: MCTI (2010)

Para fazer a conversão do volume em m³ de gasolina e diesel vendidos para Joules, foram utilizados os Coeficientes de Equivalência Médios para os Combustíveis Líquidos do Balanço Energético Nacional (BEN, 2008) presentes na tabela abaixo:

Coeficientes de Equivalência Médios		
Diesel =	35,52	GJ/m ³
Gasolina =	32,22	GJ/m ³

Tabela 6 - Coeficientes de Equivalência Médios - Fonte: BEN(2008)

O Gráfico 9 abaixo mostra a estimativa da quantidade de CO₂ emitida devido a queima de gasolina e diesel consumidos pelos transportes rodoviários do ano de 2002 a 2014. Fazendo uma análise dos resultados neste período, percebe-se que o Diesel é responsável, em média, por cerca de 64% das emissões de gás carbônico totais derivadas da sua queima e de gasolina. Além disso, 2014 foi o ano em que o percentual de emissão derivada do consumo de diesel foi o menor (62%), o que está de acordo com o Gráfico 4 da seção 3.2 (Distribuição Modal e de Combustíveis) da participação do consumo de

combustíveis do setor de transporte rodoviário do Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME), no qual mostra um aumento da porcentagem da participação do consumo da gasolina e uma redução na participação do diesel.

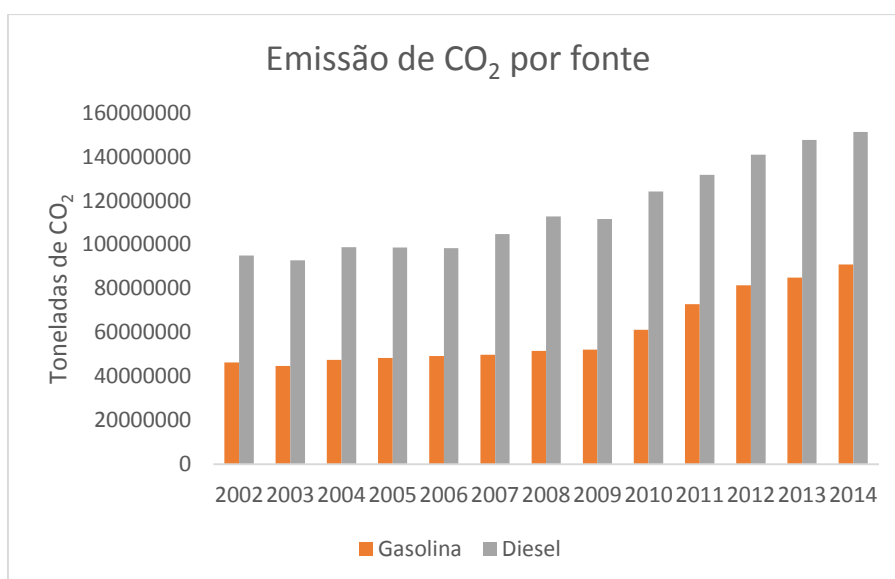


Gráfico 9 - Emissão de CO₂ derivada da queima de Gasolina e Diesel de 2002 a 2014

A estimativa total de emissão de CO₂ devido ao consumo destes dois combustíveis pode ser vista no Gráfico 10 abaixo e reflete um comportamento muito similar a evolução do PIB no mesmo período. De 2002 para 2003 a emissão total reduziu e a economia se manteve com PIB anual quase constante. No período de crescimento acelerado do PIB (de 2009 a 2012), as emissões de CO₂ também seguiram o mesmo comportamento, evidenciando que, em um país em desenvolvimento onde a infraestrutura de transportes ainda tem muito a evoluir, uma melhora na condição econômica também refletirá em maior poluição devido a utilização de transportes. Entretanto, é interessante perceber que, ao contrário da taxa de crescimento anual do PIB também elevada de 2003 a 2006, a evolução das emissões de CO₂ no mesmo período se mostrou praticamente constante, o que pode ser explicado pela inserção no mercado dos veículos *flex fuel*, permitindo o consumo do etanol em detrimento do aumento do consumo da gasolina. Isto pode ser comprovado no Gráfico 4 4, no qual é mostrado que o consumo da gasolina reduziu

bastante de 2003 a 2009, ano em que voltou a crescer e a demanda por etanol passou diminuir e, então, as emissões de CO₂ voltaram a aumentar de forma mais expressiva.

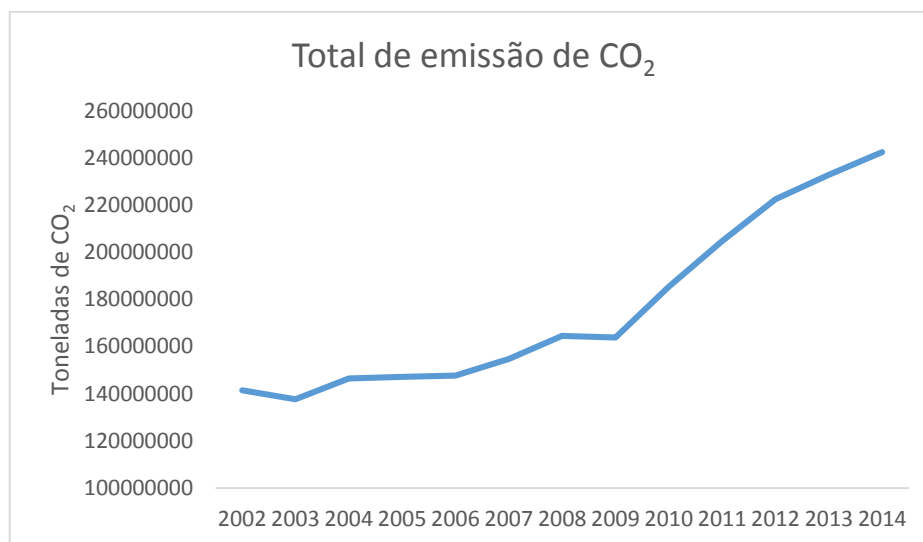


Gráfico 10 - Emissão de CO₂ total devido à combustão de gasolina e diesel de 2002 a 2014

5.1 Cenários de emissões de CO₂ com base nos cenários de demanda

Através dos resultados obtidos para previsão de demanda de gasolina e diesel de 2015 a 2025, foi possível calcular a estimativa de emissões de CO₂ para os três cenários considerados, utilizando a fórmula e os fatores de emissão especificados anteriormente. Os resultados são apresentados abaixo e uma análise dos cenários será feita no capítulo seguinte, sobre a comparação dos resultados obtidos para cada um.

Ano	Toneladas de CO ₂ emitidas					
	Cenário 1 - MCE		Cenário 2 - BCE		Cenário 3 - ACE	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
2015	90.438.381	147.692.873	90.438.381	147.692.873	90.438.381	147.692.873
2016	90.059.500	145.454.314	90.059.500	145.454.314	90.059.500	145.454.314
2017	90.110.459	145.752.079	90.110.459	145.752.079	90.110.459	145.752.079
2018	90.271.690	146.695.594	90.271.690	146.695.594	90.271.690	146.695.594
2019	90.477.034	147.902.867	90.477.034	147.902.867	90.477.034	147.902.867
2020	90.809.957	149.871.844	90.685.786	149.135.339	91.124.039	151.726.143
2021	91.149.010	151.896.327	90.914.509	150.496.188	91.795.459	155.770.794
2022	91.494.223	153.977.657	91.148.656	151.898.485	92.476.855	159.954.136
2023	91.845.556	156.116.809	91.388.168	153.342.559	93.168.273	164.280.887
2024	92.203.066	158.315.372	91.633.081	154.829.328	93.869.858	168.756.561
2025	92.566.785	160.574.820	91.883.405	156.359.577	94.581.731	173.386.718

Tabela 7 - Resultado das previsões de emissões de CO₂

De novembro a dezembro de 2015 ocorreu, em Paris, a Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

(UNFCCC), na qual os países participantes foram convidados a apresentar suas novas metas para redução (“Intended Nationally determined contributions” – INDCs), principalmente, dos GEE. O objetivo geral foi limitar o aquecimento global a uma elevação de temperatura menor que 2°C em 2030. A grande conquista deste Acordo de Paris, que valerá a partir de 2020, é que ele será válido para todas as nações e não mais apenas os países desenvolvidos para combater a mudança climática. Ratificaram o documento 195 países membros da Convenção da ONU e a União Europeia. Entretanto, apenas algumas partes do documento tem força de lei internacional e, assim, não são feitas menções concretas a meta de redução de emissões por país, e cada nação deverá cumprir suas metas nacionais, as INDCs.

No que se refere ao Brasil, o país estabeleceu metas de emissão absoluta de 1,3 GtCO₂eq em 2025 e 1,2 GtCO₂eq em 2030, o que corresponde a uma redução de cerca de 37% e 43%, respectivamente, em comparação com o ano de 2005. Se tratando das metas no setor de transportes, o país se comprometeu a promover medidas de eficiência e melhorar a infraestrutura do transporte público, além de possuir presença de 18% de biocombustíveis na matriz de energia até 2030. De acordo com as estimativas de emissão para 2025 feitas neste projeto, o total emitido apenas pela queima de gasolina automotiva e óleo diesel seria uma média de, entre os três cenários, 256 MtCO₂, o que corresponderia a 20% da meta (INDC) de emissões estabelecidas para 2025.

As metas brasileiras estabelecidas para o país foram consideradas moderadamente ambiciosas. Entretanto, o maior desafio se encontra no sistema de energia, visto que a demanda está prevista para continuar com tendência de crescimento nas próximas décadas. Estudos recentes (Lucena *et al.* 2015) mostram que, na ausência de esforços de mitigação, a matriz energética brasileira continuará seguindo uma tendência de aumento da intensidade de carbono, com gás natural e carvão ganhando importância no setor, enquanto o setor sucroalcooleiro passa por uma crise, devido as quebras de safra de 2009/2010 e 2010/2011 já explicadas no capítulo 3 e a falta de investimento em novas plantas de produção decorrente do alto custo de oportunidade de capital no país.

6. Comparação de Cenários

Através do resultado das regressões feitas pelo Stata em conjunto com as estimativas de taxa de crescimento do PIB e da população do Brasil, foi possível obter os resultados para previsão de venda em 2025 de óleo diesel, gasolina e etanol para o setor de transportes rodoviários. Estes resultados serão comparados e analisados abaixo para os 3 cenários definidos.

Todos os gráficos apresentados a seguir neste capítulo evidenciam o período de recessão econômica que o país se encontra e o efeito do comportamento do PIB nas demandas energéticas. Abaixo encontra-se um resumo das taxas anuais de crescimento das vendas dos combustíveis para dois períodos, para cada um dos cenários, como será exposto ao longo das análises a seguir.

Taxa de crescimento anual da venda dos combustíveis									
Período	Cenário 1 - MCE			Cenário 2 - BCE			Cenário 3 - ACE		
	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel
2015-2020	0,08%	0,44%	0,29%	0,06%	0,31%	0,21%	0,15%	0,83%	0,55%
2020-2025	0,39%	2,13%	1,40%	0,27%	1,46%	0,96%	0,75%	4,13%	2,71%

Tabela 8 - Taxa de crescimento anual da venda dos combustíveis

6.1 Óleo Diesel

No que se refere a venda de óleo diesel, estimou-se que, para o cenário de médio crescimento econômico (MCE), o volume vendido em 2025 será de aproximadamente 63.672 milhões de m³, enquanto para o cenário de baixo crescimento econômico (BCE) este valor será de 62.000 milhões de m³ e será igual a 68.752 milhões de m³ para o cenário de crescimento econômico acelerado (ACE). Como era previsto, visto que a elasticidade PIB/cap do consumo deste combustível era de 0,63, esta demanda cresce à medida que o PIB aumenta, entretanto, seu crescimento é inferior ao proporcional do crescimento na taxa do PIB. Por exemplo, no cenário MCE, enquanto a taxa média de crescimento anual da venda de diesel no período de 2020 a 2025 foi de 1,4%, para o crescimento do PIB esta estimativa para o mesmo período e cenário foi de 2,8% ao ano. Além disso, em relação ao cenário de Baixo Crescimento Econômico, a previsão para 2025 no cenário de Acelerado Crescimento Econômico é cerca de 11% maior e no cenário de Médio Crescimento é de, aproximadamente, 2,7% maior que o BCE.

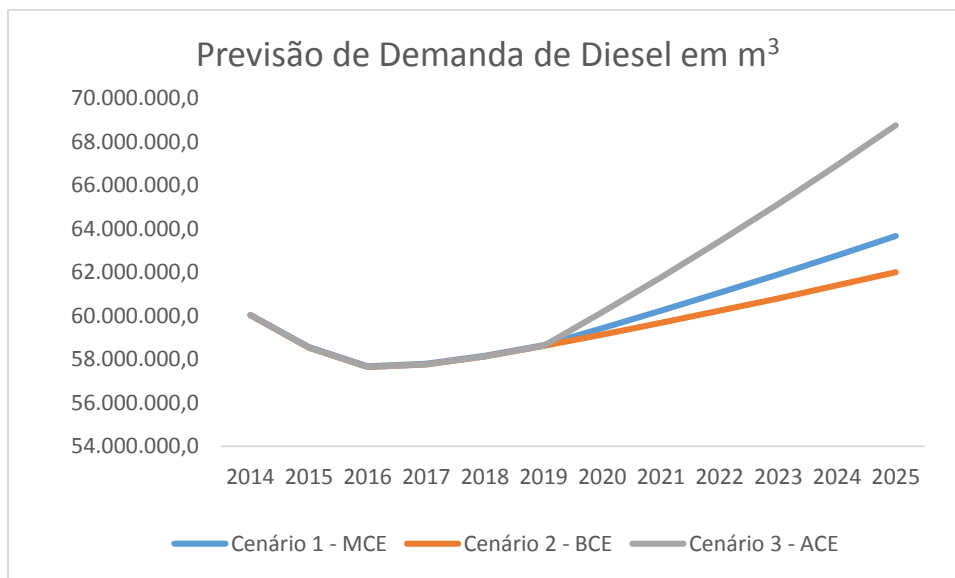


Gráfico 11 - Previsão de venda de Diesel de 2014 a 2025 com base no STATA

6.2 Gasolina

A venda de gasolina para os transportes rodoviários, por sua vez, é a que está menos dependente da variação no PIB/cap, visto que sua elasticidade PIB/cap é de apenas 0,17, sendo considerada muito inelástica. Com isso, observa-se que as taxas de crescimento deste consumo para o período de 2020 a 2025 são as menores entre os 3 combustíveis, em um período em que é esperado um crescimento econômico maior com a recuperação da economia do país. Fazendo uma média entre os resultados obtidos para os 3 cenários, estima-se que, de 2020 a 2025, a venda de gasolina crescerá 0,47% ao ano, enquanto a taxa de crescimento do PIB tem uma média de 2,83% por ano para os cenários considerados. Analisando por cenário, o volume de venda do ACE é cerca de 3% maior que o cenário de Baixo Crescimento Econômico e o MCE é apenas 0,74% maior, resultados muito inferiores aos encontrados para o Diesel.

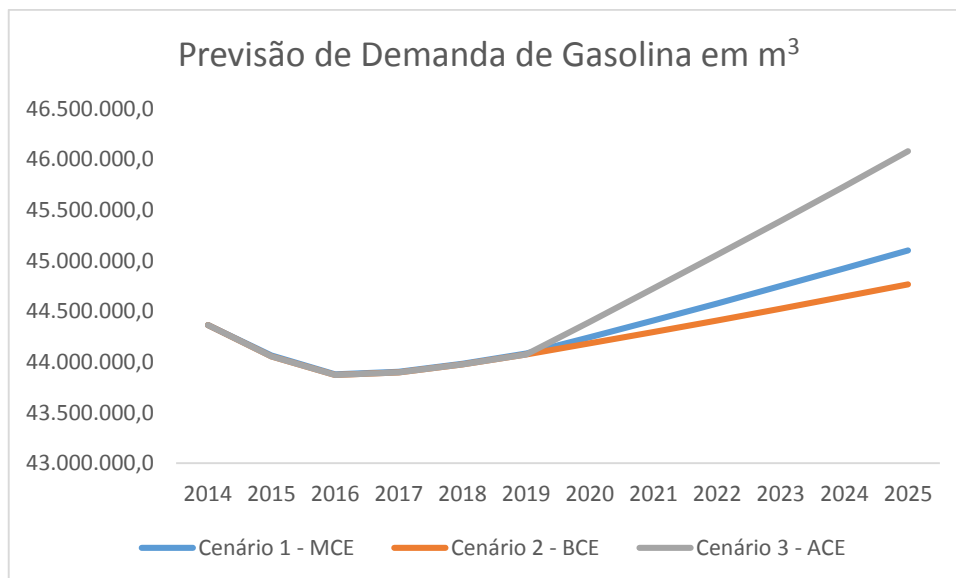


Gráfico 12 - Previsão de venda de Gasolina de 2014 a 2015 com base no STATA

6.3 Etanol Hidratado

No que se refere a venda de etanol, pela alta elasticidade em relação ao PIB/cap (0,96), era esperado que esta previsão geraria resultados que sofreriam maior interferência com as variações no PIB. Desta forma, calculou-se que a taxa média de crescimento da demanda prevista no período de 2020 a 2025 foi de 1,5% por ano no cenário BCE, 2,1% por ano no MCE e 4,13% ano no ACE, enquanto o crescimento anual do PIB para este mesmo intervalo de tempo foi considerado como de 2,1%, 2,8% e 4,9% para cada cenário, respectivamente. Em comparação com os outros combustíveis, o consumo de etanol se mostrou mais sensível a variações de PIB e apresentou taxas de crescimento praticamente proporcionais às do PIB. Através da regressão feita para este biocombustível, a elasticidade preço cruzada da gasolina foi a maior e, por isso, caso tivessem sido consideradas as variações neste preço, obteríamos influências ainda maiores sobre a venda de etanol. Entretanto, prever a variação futura de preço dos combustíveis seria mais complexo e, por isso, eles foram considerados constantes e optou-se por utilizar apenas previsões de dados de fontes seguras e reconhecidas. Neste caso, a demanda para 2025 no cenário ACE foi cerca de 16,8% maior que a demanda prevista no BCE e a previsão no MCE foi 4,1% maior do que a BCE.

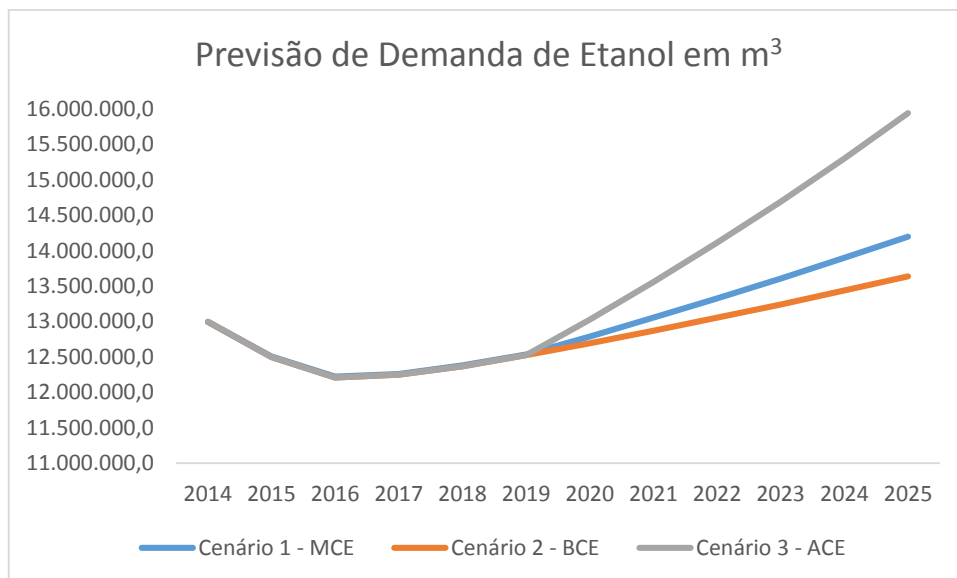


Gráfico 13 - Previsão de venda de Etanol Hidratado de 2014 a 2015 com base no STATA.

6.4 Emissão de CO₂

Assim como nos gráficos acima, o Gráfico 14 abaixo, com o resultado da soma de emissões devido a queima de etanol e óleo diesel nos diferentes cenários, mostra que a evolução da emissão de CO₂ também reflete o período de estagnação econômica na qual o Brasil se encontra. Além disso, segue o mesmo comportamento dos gráficos acima dos combustíveis derivados de petróleo, visto que é resultante da queima dos mesmos e, portanto, também apresenta o cenário 3 de Acelerado Crescimento Econômico como o que resultaria em maiores quantidades emitidas de dióxido de carbono.

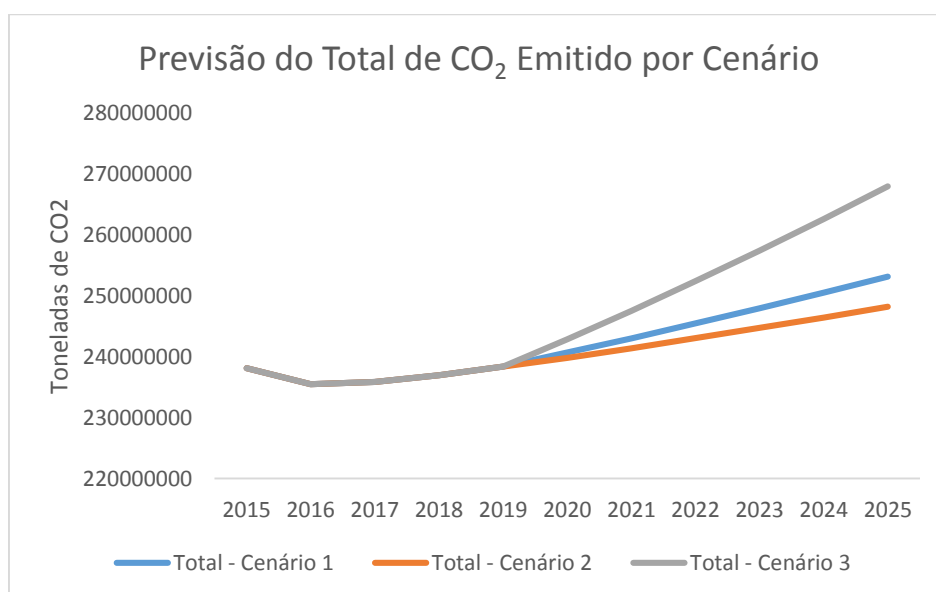


Gráfico 14-Previsão de emissões totais de CO₂

Quanto às taxas de crescimento anual calculadas, percebe-se na tabela abaixo que elas foram muito similares aos resultados encontrados na Tabela 8, o que era previsto, visto que as emissões anuais foram resultantes da multiplicação dos fatores de emissão pelo volume de venda dos combustíveis.

Taxa de crescimento anual das emissões de CO ₂						
Período	Cenário 1 - MCE		Cenário 2 - BCE		Cenário 3 - ACE	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
2015-2020	0,08%	0,29%	0,05%	0,19%	0,15%	0,54%
2020-2025	0,38%	1,39%	0,26%	0,95%	0,75%	2,70%

Tabela 9 – Taxa de crescimento Anual das emissões de CO₂ por fonte.

Outro fator que se mostrou interessante analisar foi a contribuição da queima dos combustíveis fósseis nas emissões resultantes de CO₂. Na tabela abaixo, percebe-se que, em 2014, a gasolina era responsável por 37,6% destas emissões totais e o óleo diesel por 62,4%, e até 2018, o percentual da gasolina aumenta enquanto o do diesel reduz. Entretanto, a partir de 2019, começa a acontecer uma mudança de comportamento, e apesar de tanto as emissões oriundas da combustão do diesel quanto as da gasolina estarem com tendência positiva de crescimento, o percentual da gasolina passa a diminuir e o do diesel a aumentar nos 3 cenários. Além disso, no cenário de Acelerado Crescimento Econômico, o percentual de contribuição de emissões da gasolina cai mais que nos outros cenários e chega a um percentual mais baixo em 2025 do que nos outros e do que o calculado para 2014.

Ano	Cenário 1 - MCE		Cenário 2 - BCE		Cenário 3 - ACE	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
2014	37,6%	62,4%	37,6%	62,4%	37,6%	62,4%
2015	38,0%	62,0%	38,0%	62,0%	38,0%	62,0%
2016	38,2%	61,8%	38,2%	61,8%	38,2%	61,8%
2017	38,2%	61,8%	38,2%	61,8%	38,2%	61,8%
2018	38,1%	61,9%	38,1%	61,9%	38,1%	61,9%
2019	38,0%	62,0%	38,0%	62,0%	38,0%	62,0%
2020	37,7%	62,3%	37,8%	62,2%	37,5%	62,5%
2021	37,5%	62,5%	37,7%	62,3%	37,1%	62,9%
2022	37,3%	62,7%	37,5%	62,5%	36,6%	63,4%
2023	37,0%	63,0%	37,3%	62,7%	36,2%	63,8%
2024	36,8%	63,2%	37,2%	62,8%	35,7%	64,3%
2025	36,6%	63,4%	37,0%	63,0%	35,3%	64,7%

7. Conclusão

Este projeto teve como objetivo analisar o consumo energético no setor de transportes e a emissão resultante da queima dos principais combustíveis líquidos do Brasil desde 1990. Para simplificar o estudo, esta análise foi focada no modal rodoviário, visto que 90% da energia consumida pelo setor de transportes no país é para supri-lo e, além disso, a análise do consumo de gás natural não foi feita, já que este ainda tem *market-share* muito baixo. Além do estudo do comportamento histórico do Brasil nestas áreas, também foi feita uma estimativa do consumo de óleo diesel, gasolina automotiva e etanol hidratado em 2025 através de regressões e a quantidade de CO₂ emitida devido a queima dos derivados de petróleo considerados. A emissão de dióxido de carbono devido a combustão de etanol foi considerada zero, visto que o ciclo de vida deste não foi considerado e a emissão durante sua queima ser devido a cana de açúcar possuir carbono em sua composição, absorvido durante processos de fotossíntese da planta. As estimativas de demanda foram feitas baseadas em 3 cenários de PIB criados com base nos SSPs: o cenário 1 de Médio Crescimento Econômico, o cenário 2 de Baixo Crescimento Econômico e o cenário 3 de Acelerado Crescimento Econômico.

Através da análise da demanda de energia pelo setor de transportes em conjunto com o PIB real do Brasil, pode-se concluir que esta demanda é influenciada por mudanças na economia do país. Períodos em que o Brasil foi afetado por crises internacionais como as de 1997 e 2008/2009 resultaram em redução na taxa de crescimento da renda e, conseqüentemente, na redução no consumo de energia no setor de transportes. Em contrapartida, períodos de ascensão econômica, principalmente em um país em desenvolvimento e de baixa qualidade de infraestrutura de transportes como o Brasil, geram um estímulo a compra de veículos próprios, movimentação do mercado para fretes e maior utilização da frota, gerando aumento no consumo de combustíveis. Desta forma, para reduzir este consumo é necessário um investimento em transporte público e infraestrutura para que este passe a atender a população com maior eficiência e conforto e a necessidade e desejo por carro particular seja diminuída. Além disso, investir em transporte multimodal é essencial visto que o rodoviário é o menos eficiente energeticamente e mais oneroso do que o ferroviário e aquaviário (Abranches, 2008 e Gonçalves e Martins, 2008).

Além da influência do PIB, pelas análises históricas percebeu-se que os preços dos próprios combustíveis afetam em seu consumo e, então, um aumento nos preços de gasolina, por exemplo, leva a uma redução no consumo da mesma. Isto ocorre para os três combustíveis analisados, entretanto, em menor proporção no caso do óleo diesel, visto que os veículos movidos a esta fonte de energia são frotas pesados e não se tratam de consumidores individuais privados que podem reduzir seu consumo devido à alta dos preços, pois estão a serviço do mercado. Além disso, observou-se que a gasolina e o etanol, a partir do advento dos carros *flex*, se tornaram substitutos e, portanto, um aumento no preço de gasolina gera uma redução no consumo da mesma e um aumento no consumo de etanol, e vice-versa. Por isso, a produção e consumo do etanol hidratado é sensível a variações nos preços do petróleo e, assim, é importante ter políticas para energias alternativas para protegê-las contra a volatilidade dos preços de hidrocarbonetos e promover a pesquisa e estimular o investimento nestas fontes que podem gerar uma menor dependência do petróleo e redução nas emissões de gases de efeito estufa.

Através das análises de regressões feitas pelo Stata, comprovou-se a elasticidade preço cruzada entre a demanda de etanol e gasolina, e que o etanol é mais sensível a alterações no preço da gasolina, sendo sua demanda elástica em relação a esta variável. No caso do óleo diesel, sua demanda se mostrou inelástica a todas as variáveis consideradas, mas sofre maior influência a alterações no PIB/cap do país, o que era de se esperar, visto que a situação econômica gera maior aquecimento ou não no mercado, que movimenta esta frota. Em relação à gasolina, a previsão do seu volume de venda se mostrou mais sensível ao preço da mesma, apesar do comportamento ainda ser inelástico. Com as previsões de volume de venda em 2025, o diesel ainda será o combustível com maior percentual de consumo neste setor, mas o etanol, para os 3 cenários, será o que apresentará maior taxa de crescimento de demanda, resultado compreensível devido ao valor obtido para a elasticidade PIB/cap de consumo deste combustível ser o maior. Desta forma, o diesel também se manterá como o maior responsável pelas emissões de CO₂ do modal rodoviário e, para reduzir este problema, torna-se interessante investir em tecnologias que tornem possível aumentar o percentual de biodiesel misturado (que hoje é de 7%) no óleo diesel aceito pelo motor dos veículos.

Quanto à emissão de CO₂, a evolução da quantidade emitida reflete um comportamento muito similar à evolução do PIB e, naturalmente, similar ao consumo de diesel e gasolina, visto que as emissões foram calculadas com base na multiplicação

destes consumos por fatores de emissão. Entretanto, no período de crescimento econômico entre 2003 a 2006, a evolução da quantidade emitida deste GEE se mostrou praticamente constante, ao invés de crescer, o que pode ser explicado pela inserção dos veículos *flex*, que permitiram o consumo do etanol, reduzindo as emissões, em detrimento do aumento do consumo da gasolina. Quanto a previsão das emissões para 2025, de acordo com a média calculada de 256 MtCO₂ para os 3 cenários, isto corresponderia a cerca de 20% da meta (INDC) de emissões para 2025 estabelecidas pelo Brasil na Conferência das Partes (COP21) em Paris, em dezembro de 2015.

Assim, o Brasil, por ser um país no qual o transporte é fundamentalmente baseado no modal rodoviário, responsável pelo maior consumo de energia da matriz logística brasileira e altamente dependente de combustíveis fósseis, o setor de transportes do país é um tema de grande relevância para o estudo e implementação de ações de combate e mitigação às mudanças climáticas. Entretanto, por ser um setor de muita influência na atividade econômica, questões e projetos que envolvam alterações no mesmo apresentam maior complexidade e demandam maiores investimentos na busca de inovações e construção de novas infraestruturas para redução de suas emissões (Veiga, 2010). Desta forma, enquanto outros investimentos e tecnologias mais eficientes, como as células de hidrogênio e carros elétricos ainda não são muito viáveis no país, a solução a curto e médio prazo é o investimento em biocombustíveis, visto que eles ajudam na redução das emissões e o Brasil é um país com extensão territorial e clima favorável ao cultivo, além de longa tradição na produção de cana de açúcar para produção de etanol.

Finalmente, este estudo contribuiu para compreender o comportamento do consumo energético do país e seus reflexos quanto a emissões de CO₂. Espera-se, com os achados apresentados, que futuros estudos sejam motivados no sentido de viabilizar o aumento da participação dos biocombustíveis em nossa matriz energética, bem como o investimento em transportes multimodais. Este estudo, no entanto, teve caráter exploratório e, para o seu aprimoramento, poderia ser analisado um maior intervalo de tempo para realizar as regressões e incluir mais variáveis explicativas da demanda, como a eficiência energética dos veículos atuais e a frota nacional de veículos. A análise do impacto da mudança modal nas emissões de gases de efeito estufa, de igual forma, é campo fértil para estudos futuros adicionais. Estes aprimoramentos ficam, então, como sugestão para trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

- ABRANCHES, S. (2008). *Climate agenda as an agenda for development in Brazil: A policy oriented approach*. Acesso em 11 de Dezembro de 2015, disponível em EcoPolítica: www.ecopolitica.org
- Almeida, E. d., & Viegas, T. (2011). *Crise de oferta no mercado do etanol: conjuntural ou estrutural?* Acesso em 6 de Outubro de 2015, disponível em Blog Infopetro: <https://infopetro.wordpress.com/2011/05/30/crise-de-oferta-no-mercado-do-etanol-conjuntural-ou-estrutura>
- Alvarenga, D., & Trevizan, K. (2016). *Por que o preço do petróleo caiu tanto? Veja perguntas e respostas*. Acesso em 17 de Fevereiro de 2016, disponível em G1: <http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2016/01/por-que-o-preco-do-petroleo-caiu-tanto-veja-perguntas-e-respostas.html>
- Alves, D., & Bueno, R. (2005). Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline. *Energy Economics*, p191-199.
- Andrade, A. d., & Mattel, L. (2011). CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES DE CO₂: UMA ANÁLISE DO SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO. *IX Encontro Nacional da Economia Ecológica*, p. 19p.
- Anjos, M., & Farah, M. (2010). Economia Brasileira. COLEÇÃO GESTÃO EMPRESARIAL. p43-55. *COLEÇÃO GESTÃO EMPRESARIAL*, pp. 43-55.
- ANP. (2015). *DADOS ESTATÍSTICOS MENSAIS*. Acesso em 4 de Novembro de 2015, disponível em ANP: <http://www.anp.gov.br/?pg=64555%26m=%26t1=%26t2=%26t3=%26t4=%E5%3C8%26cachebust=1408326992231>
- Barbosa, B., & Lucena, A. (2012). Energy-related climate change mitigation in Brazil: Potential, abatement costs and associated policies. *Energy Policy*, pp 430-441.
- BCB. (2015). *Banco Central do Brasil*. Acesso em 11 de Dezembro de 2015, disponível em Sistema de Expectativas de Mercado: <https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/consulta/serieestatisticas>
- BCB. (2015a). *Sistema Gerenciador de Séries Temporais*. Acesso em 2 de Outubro de 2015, disponível em Banco Central do Brasil: <http://www4.bcb.gov.br/pec/series/port/aviso.asp>
- Betim, F. (2015). *OCDE descreve o atual momento econômico do Brasil como "crítico"*. Acesso em 10 de Dezembro de 2015, disponível em El País: http://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/04/economia/1446663237_818015.html
- Bouachera, T., & Mazraati, M. (2007). Fuel Demand and Car Ownership modelling in India. *OPEC Review*, pp 27-51.
- Brasil. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution towards achieving the objective of the UNFCCC*. Brasília: Presidência da República.

- Budny, D. (2007). *The Global Dynamics of Biofuel Potential Supply and Demand for ethanol and Biodiesel in the Coming decade*. Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Carvalho, F. C., & Souza, F. E. (2011). *BRAZIL IN THE 2000'S: FINANCIAL REGULATION AND MACROECONOMIC STABILITY*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CBIE. (2016). *Defasagem da Gasolina*. Acesso em 25 de Fevereiro de 2016, disponível em Centro Brasileiro de Infra Estrutura: <http://www.cbie.com.br/2014/artigos>
- CEBR. (2015). *World Economic League Table 2016 Highlights*. Acesso em 18 de Dezembro de 2015, disponível em <http://www.cebr.com/wp-content/uploads/2015/12/Cebr-World-Economic-League-Table-2016-26-December-2015-final.pdf>
- Cunha, B. S. (2015). ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL E DA GASOLINA AUTOMOTIVA SOBRE A INFLAÇÃO NACIONAL. *Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 119p.
- Dargay, J., & Eshbaugh, M. (2007). Vehicle ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030. *Energy Journal*, pp 143-170.
- DEFRA - Department of Economic and Social Affairs. (2015). *World Population Prospects*. Acesso em 3 de Outubro de 2015, disponível em United Nations: <http://esa.un.org/unpd/wpp/>
- DEFRA. (2013). *Guidance on measuring and reporting greenhouse gas emissions from freight transport operations*. Acesso em 2 de Outubro de 2015, disponível em Department for Environment, Food & Rural Affairs: <https://www.gov.uk/guidance/measuring-and-reporting-environmental-impacts-guidance-for-businesses>
- Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., & Magné, B. (2015). Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change*.
- FEITOSA, C. (2016). *Preço do óleo é 'golpe' em biocombustíveis*. Acesso em 27 de Fevereiro de 2016, disponível em Observatório do Clima: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/preco-do-oleo-e-golpe-em-biocombustiveis/>
- FGV - Fundação Getúlio Vargas. (2015). *Índices Gerais de Preços*. Acesso em 10 de Novembro de 2015, disponível em Instituto Brasileiro de Economia: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B6B6420E96>
- Freitas, L., & Kaneko, S. (2011). Decomposition of CO2 emissions change from energy consumption in Brazil: Challenges and policy implications. *Energy Policy*, pp 1495-1504.
- GONÇALVES, J. M., & MARTINS, G. (2008). *Consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa no transporte de cargas no Brasil*. Acesso em 16 de Novembro de 2015, disponível em Brasil Engenharia: www.brasilengenharia.com.br
- Helm, D., & Hepburn, C. (2013). *The Economics and Politics of Climate Change*. Oxford University Press.
- IBGE. (2015). *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Acesso em 11 de Dezembro de 2015, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>

- IPCC. (1996). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Fonte: Task Force on National Greenhouse Gas Inventories: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- IEA. (2006) *International Energy Agency. Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy*. Disponível em: <http://www.iea.org/statistics/>
- IOOTTY, M.; PINTO Jr, H.; EBELING, F. (2009) “Automotive fuel consumption in Brazil: Applying static and dynamic systems of demand equations” In: *Energy Policy*. Aceito em 20 de julho de 2009.
- João, M. d., & João, D. d. (2008). Transportes e emissões de CO2: uma abordagem baseada na metodologia do IPCC. *INGEPRO*, pp. 109-118.
- Johnson, F. X., & Silveiraa, S. (2013). Pioneer countries in the transition to alternative transport fuels: Comparison of ethanol programmes and policies in Brazil, Malawi and Sweden. Em *Environmental Innovation and Societal Transitions* (pp. pp 1-24). J.C.J.M. van den Bergh.
- Kohlherpp, G. (2010). *Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil*. Scielo.
- Kuwahara, N., D., M. D., & Bajay, S. V. (1999). Energy Supply from Municipal Wastes: The potential of Biogas-Fuelled buses in Brazil. *Renewable Energy*, pp1000-1003.
- LIMA, A. V., RIBEIRO, C. D., & FONSECA, P. R. (2014). DEMANDA DE GASOLINA NO BRASIL: ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MODELOS . *SIMPOI*, pp. 1-15.
- Lucena, A.F.P., Clarke, L., Schaeffer, R., Szklo, A., Rochedo, P.R.R., Nogueira, L.P.P., Daenzer, K., Gurgel, A., Kitous, A., Kober, T. (2015). *Climate policy scenarios in Brazil: A multi-model comparison for energy*. *Energy Economics*. In press
- Mantzou, L., & Capros, P. (2006). *European Energy and Transport – Trends to 2030*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- Mattos, L. (2001). A IMPORTÂNCIA DO SETOR DE TRANSPORTES NA EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA - O CASO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. *Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 179p.
- MCTI - Ministério da Ciência, T. e. (2015). *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília.
- MCTI. (2010). *Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa*. Brasil: Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação.
- MMA. (2011). *1º INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS*. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental.
- MME - Ministério Minas e Energia. (2015). *Balanco Energético Nacional (BEN)*. Fonte: Ministério Minas e Energia: <https://ben.epe.gov.br/>
- MME. (2015). *Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel*. Acesso em 3 de Outubro de 2015, disponível em Ministério Minas e Energia: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>

- Nakagawa, F. (2016). *Opep: Brasil é principal risco para demanda por combustíveis na AL em 2016*. Acesso em 14 de Fevereiro de 2016, disponível em Mackenzie Soluções: <http://www.mackenziesolucoes.com.br/noticia/D17N5005>
- Nogueira, L., & Capaz, R. (2013). Biofuels in Brazil: Evolution, achievements and perspectives on food security. *Global Food Security*, pp 117-125.
- OECD. (7 de Outubro de 2015). *Economic Forecast Summary*. Fonte: OECD: <http://www.oecd.org/brazil/>
- Pamplona, N. (2016). *Preço do petróleo cai mais, mas gasolina não deve ficar mais barata*. Acesso em 03 de Fevereiro de 2016, disponível em Folha de São Paulo: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/01/1728436-petroleo-cai-mais-mas-gasolina-nao-deve-baratear.shtml>
- Ribeiro, S., Urge-Vorsatz, D., & Figueiroa, M. (2013). Opportunity to reduce greenhouse gas by the use of alternative fuels and technologies in urban public transport in Brazil. *Environmental Sustainability*, pp 177-183.
- Santiago, F. S., Mattos, R. S., & Perobelli, F. S. (2011). Um modelo integrado econométrico+insumo-produto para previsão de longo prazo da demanda de combustíveis no Brasil. *Nova Economia - Belo Horizonte*, pp. 423 - 455.
- Schipper, L., & Marie-Lilliu, C. (1999). Transportation and CO2 Emissions: Flexing the Link - A Path for the World Bank. *Environment Department Papers*.
- Soares, L. H., & et, a. (2009). Mitigação das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelo uso de Etanol da Cana-de-açúcar Produzido no Brasil. *Embrapa*, 14p.
- Spencer, T., & Pierfederici, R. e. (2015). Beyond the numbers: understanding the transformation induced by INDCs N°05/15, IDDRI. *MILES Project Consortium*, p. 80p.
- Stattman, S., & Hospes, O. (2013). Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies. *Energy Policy*, pp 22-30.
- Tadeu, H. F. (2010). Cenários de Longo Prazo para o Setor de Transportes e Consumo de Combustíveis. *PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS*, 227p.
- Teixeira, M. (2013). *Brasil deixa de ser autossuficiente na produção de petróleo*. Acesso em 8 de Janeiro de 2015, disponível em Globo: <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/04/brasil-deixa-de-ser-autossuficiente-na-producao-de-petroleo.html>
- Trevizan, K. (2016). *Com o petróleo em baixa, por que o preço da gasolina não cai no Brasil?* Acesso em 4 de Fevereiro de 2016, disponível em G1: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/01/com-o-petroleo-em-baixa-por-que-o-preco-da-gasolina-nao-cai-no-brasil.html>
- VEIGA, J. E. (2010). *Mundo em transe: Do aquecimento global ao ecodesenvolvimento*. São Paulo.
- Xavier, M. R. (2007). *The Brazilian Sugarcane Ethanol Experience*. Washington: Competitive Enterprise Institute.

Yo, M., & Eshbaugh, M. (2013). *Recent production growth from presalt resources increases Brazil's total crude output*. U.S. Energy Information Administration (EIA).

Anexo I

Séries históricas mensais de População, PIB, volume vendido e preços dos combustíveis (Gasolina, Etanol e Diesel) no período de julho de 2001 a dezembro de 2012:

Dados Históricos			Quantidade vendida			Preço médio de Revenda		
Data	PIB	População	Gasolina	Etanol	Diesel	Preço Gasolina	Preço Etanol	Preço Diesel
Ano.Mês	R\$ (milhões)		m3	m3	m3	(R\$/L)	(R\$/L)	(R\$/L)
2001.07	110.973,8000	173.598.549	1.813.032	282.258	3.177.964	1,681	1,009	0,829
2001.08	113.179,6000	173.788.229	1.909.391	284.237	3.456.504	1,711	1,014	0,850
2001.09	108.711,2000	173.977.909	1.794.803	262.667	3.208.521	1,718	1,027	0,860
2001.10	116.113,5000	174.167.589	1.868.048	293.395	3.455.040	1,779	1,039	0,898
2001.11	118.097,9000	174.357.268	1.791.888	275.324	3.261.715	1,780	1,033	0,908
2001.12	113.456,1000	174.546.948	1.883.374	304.031	2.828.623	1,775	1,029	0,908
2002.01	112.726,2000	174.736.628	1.921.459	277.311	2.899.307	1,588	1,019	0,884
2002.02	111.406,9000	174.902.896	1.805.728	246.957	2.733.475	1,509	1,010	0,878
2002.03	117.926,8000	175.069.164	1.876.689	264.582	3.252.581	1,574	1,010	0,889
2002.04	120.310,3000	175.235.432	1.893.523	307.761	3.076.561	1,713	1,010	0,958
2002.05	123.849,2000	175.401.700	1.885.042	316.489	3.121.720	1,722	1,002	0,976
2002.06	124.095,7000	175.567.968	1.757.909	310.522	3.029.015	1,711	0,991	0,988
2002.07	127.296,6000	175.734.236	1.848.169	352.413	3.231.523	1,767	0,940	1,064
2002.08	128.123,6000	175.900.504	1.857.341	336.653	3.302.889	1,751	0,912	1,068
2002.09	125.337,4000	176.066.772	1.839.996	378.499	3.265.195	1,742	0,935	1,066
2002.10	133.241,5000	176.233.040	2.104.499	390.389	3.683.701	1,761	1,014	1,068
2002.11	136.232,2000	176.399.308	1.736.800	286.504	3.124.957	1,978	1,298	1,264
2002.12	130.636,6000	176.565.576	2.083.103	323.800	2.947.423	2,001	1,313	1,392
2003.01	127.478,5000	176.731.844	1.827.855	311.383	2.724.455	2,160	1,386	1,527
2003.02	131.240,6000	176.883.384	1.590.595	245.169	2.749.373	2,223	1,569	1,539
2003.03	138.082,9000	177.034.923	1.578.290	236.819	2.794.088	2,215	1,586	1,537
2003.04	141.264,8000	177.186.463	1.705.272	237.013	2.901.616	2,195	1,562	1,529
2003.05	139.831,5000	177.338.002	1.839.794	240.526	3.154.484	2,113	1,506	1,456
2003.06	138.560,6000	177.489.542	1.739.301	224.405	2.930.435	2,026	1,348	1,429
2003.07	146.353,0000	177.641.082	1.879.542	269.250	3.254.905	1,971	1,203	1,416
2003.08	145.119,2000	177.792.621	1.800.039	248.127	3.234.108	1,975	1,208	1,408
2003.09	148.785,9000	177.944.161	1.836.582	251.868	3.350.136	2,003	1,233	1,401
2003.10	155.047,2000	178.095.700	1.986.193	299.343	3.563.090	1,997	1,201	1,395
2003.11	153.970,6000	178.247.240	1.819.879	281.154	3.105.641	1,993	1,176	1,391
2003.12	154.334,3000	178.398.779	2.187.311	400.265	3.090.923	1,998	1,191	1,390
2004.01	144.747,1000	178.550.319	1.883.483	339.806	2.823.292	2,007	1,205	1,393
2004.02	142.565,8000	178.695.813	1.742.412	320.650	2.699.474	2,003	1,170	1,392
2004.03	156.509,1000	178.841.308	1.933.875	380.618	3.402.615	1,981	1,055	1,390
2004.04	156.645,0000	178.986.802	1.976.364	371.601	3.253.257	1,972	1,032	1,387
2004.05	159.611,3000	179.132.296	1.827.068	395.185	3.090.425	2,086	1,289	1,440
2004.06	165.901,8000	179.277.791	1.835.733	367.283	3.215.676	2,157	1,359	1,494
2004.07	171.682,7000	179.423.285	1.980.068	418.631	3.426.627	2,203	1,381	1,547
2004.08	169.398,8000	179.568.779	1.941.597	347.228	3.600.940	2,226	1,462	1,548
2004.09	164.830,9000	179.714.274	2.012.721	375.858	3.556.588	2,232	1,487	1,548
2004.10	170.584,5000	179.859.768	1.942.846	388.805	3.488.649	2,262	1,534	1,580
2004.11	177.217,9000	180.005.262	1.876.477	374.274	3.391.549	2,214	1,445	1,591
2004.12	179.010,5000	180.150.757	2.221.234	432.988	3.276.581	2,303	1,478	1,692
2005.01	163.746,5000	180.296.251	1.843.908	347.509	2.820.852	2,296	1,460	1,690
2005.02	160.421,3000	180.444.384	1.805.672	320.373	2.869.010	2,285	1,448	1,687
2005.03	174.636,7000	180.592.516	2.062.841	355.718	3.398.889	2,291	1,444	1,684
2005.04	176.927,8000	180.740.649	1.917.475	340.473	3.269.321	2,302	1,451	1,683
2005.05	177.673,7000	180.888.781	1.963.680	361.112	3.204.510	2,283	1,354	1,697
2005.06	181.500,1000	181.036.914	1.956.777	369.530	3.293.996	2,256	1,210	1,695
2005.07	184.474,0000	181.185.047	1.940.779	371.124	3.319.444	2,267	1,256	1,694
2005.08	187.516,0000	181.333.179	2.053.537	407.609	3.641.540	2,273	1,271	1,694
2005.09	181.666,7000	181.481.312	1.984.885	445.284	3.453.426	2,401	1,308	1,830
2005.10	189.201,9000	181.629.444	1.873.754	408.761	3.357.951	2,470	1,434	1,885
2005.11	195.030,2000	181.777.577	1.920.306	427.193	3.360.963	2,478	1,450	1,888
2005.12	198.940,9000	181.925.709	2.229.875	512.537	3.177.253	2,483	1,536	1,888
2006.01	185.754,0000	182.073.842	1.926.858	495.711	2.935.471	2,511	1,693	1,889
2006.02	178.140,6000	182.233.296	1.874.940	474.549	2.824.573	2,523	1,732	1,889
2006.03	189.302,8000	182.392.750	2.040.355	424.645	3.421.044	2,587	1,950	1,889
2006.04	184.738,7000	182.552.204	1.947.975	390.737	3.031.727	2,595	1,943	1,889
2006.05	198.002,8000	182.711.658	2.007.190	474.446	3.229.794	2,582	1,710	1,886
2006.06	199.645,4000	182.871.112	1.934.165	484.036	3.205.181	2,545	1,555	1,883
2006.07	207.320,3000	183.030.567	1.928.606	513.376	3.262.235	2,557	1,571	1,883
2006.08	210.005,9000	183.190.021	2.062.841	537.207	3.547.416	2,559	1,576	1,882
2006.09	201.079,7000	183.349.475	2.052.914	566.178	3.460.791	2,554	1,515	1,880
2006.10	214.134,9000	183.508.929	2.022.895	568.983	3.546.455	2,547	1,466	1,879
2006.11	219.874,3000	183.668.383	1.961.920	584.201	3.400.082	2,538	1,448	1,879
2006.12	221.803,3000	183.827.837	2.246.973	672.484	3.143.627	2,531	1,448	1,878

Data	Dados Históricos		Quantidade vendida			Preço médio de Revenda			
	ANO.Mês	PIB R\$ (milhões)	População	Gasolina m3	Etanol m3	Diesel m3	Preço Gasolina (R\$/L)	Preço Etanol (R\$/L)	Preço Diesel (R\$/L)
2007.01		211.149,4000	183.987.291	1.976.896	634.521	3.047.478	2,523	1,544	1,878
2007.02		202.036,4000	184.164.191	1.844.983	580.580	2.970.992	2,516	1,545	1,877
2007.03		216.138,5000	184.341.092	2.083.408	697.903	3.640.070	2,518	1,540	1,878
2007.04		214.385,7000	184.517.992	1.973.344	645.851	3.235.435	2,532	1,630	1,879
2007.05		226.382,1000	184.694.892	2.042.571	671.354	3.424.817	2,540	1,626	1,877
2007.06		229.466,3000	184.871.793	2.007.011	708.819	3.447.869	2,527	1,463	1,875
2007.07		233.981,2000	185.048.693	1.992.884	761.091	3.496.716	2,507	1,351	1,873
2007.08		234.993,7000	185.225.593	2.069.937	836.187	3.834.209	2,487	1,305	1,875
2007.09		222.804,8000	185.402.494	1.923.142	819.240	3.523.812	2,471	1,279	1,873
2007.10		241.613,4000	185.579.394	2.121.191	992.144	3.907.983	2,475	1,268	1,872
2007.11		242.056,2000	185.756.294	2.016.819	978.165	3.663.390	2,487	1,360	1,876
2007.12		243.023,8000	185.933.195	2.273.262	1.040.980	3.365.409	2,509	1,467	1,880
2008.01		237.367,4000	186.110.095	2.034.837	961.625	3.366.103	2,505	1,464	1,891
2008.02		231.910,9000	186.300.332	1.926.803	942.034	3.403.057	2,488	1,420	1,894
2008.03		240.404,1000	186.490.569	2.031.921	1.004.126	3.697.486	2,493	1,439	1,895
2008.04		247.877,8000	186.680.806	2.062.343	1.058.396	3.712.789	2,493	1,437	1,896
2008.05		254.811,2000	186.871.042	2.044.138	1.065.803	3.738.678	2,494	1,441	2,059
2008.06		266.510,4000	187.061.279	1.993.712	1.045.669	3.836.998	2,490	1,414	2,068
2008.07		278.387,5000	187.251.516	2.146.454	1.119.516	3.873.327	2,495	1,423	2,107
2008.08		269.285,5000	187.441.753	2.096.694	1.127.145	3.885.256	2,500	1,428	2,120
2008.09		265.091,2000	187.631.990	2.187.424	1.196.717	4.052.905	2,506	1,449	2,122
2008.10		280.132,4000	187.822.227	2.239.878	1.231.555	4.134.979	2,508	1,471	2,123
2008.11		270.793,7000	188.012.463	2.011.583	1.167.380	3.603.928	2,513	1,478	2,125
2008.12		264.958,7000	188.202.700	2.398.995	1.370.131	3.458.446	2,518	1,476	2,126
2009.01		249.921,9000	188.392.937	2.039.273	1.252.623	3.158.389	2,516	1,477	2,125
2009.02		243.065,2000	188.589.842	1.914.531	1.172.274	3.102.351	2,518	1,499	2,126
2009.03		260.137,4000	188.786.747	2.071.668	1.313.564	3.638.847	2,514	1,478	2,125
2009.04		258.444,6000	188.983.653	2.084.110	1.387.202	3.568.806	2,500	1,425	2,123
2009.05		268.053,8000	189.180.558	1.970.897	1.313.498	3.531.495	2,487	1,388	2,122
2009.06		276.337,6000	189.377.463	2.023.362	1.371.581	3.700.802	2,488	1,340	2,078
2009.07		285.604,0000	189.574.368	2.127.463	1.447.731	3.898.154	2,492	1,374	2,016
2009.08		284.066,4000	189.771.273	2.020.808	1.408.877	3.833.458	2,498	1,400	2,009
2009.09		282.653,0000	189.968.178	2.098.188	1.501.346	3.932.700	2,488	1,447	1,998
2009.10		301.235,7000	190.165.084	2.296.541	1.500.497	4.265.487	2,528	1,616	2,000
2009.11		304.851,1000	190.361.989	2.138.751	1.292.756	3.861.570	2,551	1,675	2,002
2009.12		313.802,9000	190.558.894	2.623.497	1.509.001	3.806.404	2,556	1,703	1,999
2010.01		288.910,8000	190.755.799	2.448.435	979.038	3.349.428	2,586	1,890	2,005
2010.02		284.782,0000	190.891.090	2.385.364	804.779	3.544.080	2,611	1,943	2,008
2010.03		309.668,0000	191.026.380	2.663.940	1.084.078	4.275.740	2,578	1,763	2,007
2010.04		306.220,0000	191.161.671	2.412.309	1.223.933	3.966.711	2,555	1,629	2,005
2010.05		315.924,7000	191.296.962	2.332.079	1.318.471	4.087.652	2,550	1,545	2,003
2010.06		321.798,5000	191.432.252	2.323.568	1.343.949	4.128.163	2,534	1,475	2,002
2010.07		332.961,7000	191.567.543	2.424.926	1.419.920	4.329.367	2,534	1,501	2,002
2010.08		334.595,2000	191.702.834	2.415.108	1.390.214	4.427.263	2,542	1,549	1,999
2010.09		331.482,8000	191.838.124	2.465.610	1.420.724	4.328.278	2,544	1,566	1,998
2010.10		345.300,4000	191.973.415	2.487.206	1.345.288	4.413.446	2,572	1,673	2,000
2010.11		357.719,8000	192.108.706	2.525.660	1.310.311	4.297.112	2,589	1,721	2,000
2010.12		357.471,1000	192.243.996	2.959.459	1.433.596	4.091.799	2,602	1,778	2,000
2011.01		334.439,9000	192.379.287	2.521.224	1.163.947	3.556.627	2,612	1,835	2,009
2011.02		335.247,2000	192.509.920	2.534.105	1.124.524	3.840.066	2,622	1,872	2,016
2011.03		347.196,7000	192.640.554	3.097.720	790.751	4.297.600	2,670	2,083	2,025
2011.04		349.372,1000	192.771.187	3.155.810	531.958	4.091.091	2,824	2,301	2,032
2011.05		367.441,8000	192.901.820	2.842.808	901.705	4.433.833	2,842	2,032	2,030
2011.06		373.011,5000	193.032.453	2.775.751	1.050.955	4.385.229	2,738	1,859	2,026
2011.07		374.192,2000	193.163.087	2.845.254	957.650	4.519.258	2,735	1,932	2,028
2011.08		377.131,0000	193.293.720	3.022.670	989.564	4.863.319	2,736	1,946	2,027
2011.09		361.403,5000	193.424.353	3.063.239	839.776	4.794.123	2,742	2,006	2,027
2011.10		377.338,0000	193.554.986	3.009.696	873.128	4.652.908	2,750	2,005	2,029
2011.11		388.113,2000	193.685.620	3.066.216	818.507	4.542.682	2,746	2,030	2,030
2011.12		389.877,9000	193.816.253	3.556.763	856.756	4.287.177	2,750	2,055	2,032
2012.01		363.974,4000	193.946.886	3.097.527	737.395	3.927.755	2,743	2,034	2,038
2012.02		361.927,6000	194.077.519	3.062.795	792.700	4.179.451	2,734	1,982	2,040
2012.03		385.239,3000	194.208.153	3.309.410	852.874	4.750.773	2,740	1,997	2,042
2012.04		374.792,8000	194.338.786	3.167.339	789.145	4.313.014	2,742	1,986	2,045
2012.05		393.456,8000	194.469.419	3.245.574	813.118	4.669.095	2,737	1,967	2,045
2012.06		392.432,5000	194.600.052	3.209.043	752.358	4.563.514	2,731	1,938	2,045
2012.07		406.608,2000	194.730.686	3.249.795	766.074	4.779.889	2,729	1,909	2,076
2012.08		410.910,3000	194.861.319	3.443.751	821.322	5.218.641	2,725	1,890	2,131
2012.09		384.266,7000	194.991.952	3.251.624	815.791	4.734.886	2,723	1,888	2,136
2012.10		412.265,2000	195.122.585	3.570.055	918.802	5.259.785	2,731	1,888	2,145
2012.11		413.736,4000	195.253.219	3.321.685	898.238	5.000.417	2,747	1,896	2,148
2012.12		413.485,7000	195.383.852	3.769.116	892.364	4.503.146	2,754	1,936	2,151

Para Deflacionar		
Data	IGP-M - Var. % mensual	IPCA - Var. % mensual
2001.07	1,48	1,33
2001.08	1,38	0,7
2001.09	0,31	0,28
2001.10	1,18	0,83
2001.11	1,1	0,71
2001.12	0,22	0,65
2002.01	0,36	0,52
2002.02	0,06	0,36
2002.03	0,09	0,6
2002.04	0,56	0,8
2002.05	0,83	0,21
2002.06	1,54	0,42
2002.07	1,95	1,19
2002.08	2,32	0,65
2002.09	2,4	0,72
2002.10	3,87	1,31
2002.11	5,19	3,02
2002.12	3,75	2,1
2003.01	2,33	2,25
2003.02	2,28	1,57
2003.03	1,53	1,23
2003.04	0,92	0,97
2003.05	-0,26	0,61
2003.06	-1	-0,15
2003.07	-0,42	0,2
2003.08	0,38	0,34
2003.09	1,18	0,78
2003.10	0,38	0,29
2003.11	0,49	0,34
2003.12	0,61	0,52
2004.01	0,88	0,76
2004.02	0,69	0,61
2004.03	1,13	0,47
2004.04	1,21	0,37
2004.05	1,31	0,51
2004.06	1,38	0,71
2004.07	1,31	0,91
2004.08	1,22	0,69
2004.09	0,69	0,33
2004.10	0,39	0,44
2004.11	0,82	0,69
2004.12	0,74	0,86
2005.01	0,39	0,58
2005.02	0,3	0,59
2005.03	0,85	0,61
2005.04	0,86	0,87
2005.05	-0,22	0,49
2005.06	-0,44	-0,02
2005.07	-0,34	0,25
2005.08	-0,65	0,17
2005.09	-0,53	0,35
2005.10	0,6	0,75
2005.11	0,4	0,55
2005.12	-0,01	0,36
2006.01	0,92	0,59
2006.02	0,01	0,41
2006.03	-0,23	0,43
2006.04	-0,42	0,21
2006.05	0,38	0,1
2006.06	0,75	-0,21
2006.07	0,18	0,19
2006.08	0,37	0,05
2006.09	0,29	0,21
2006.10	0,47	0,33
2006.11	0,75	0,31
2006.12	0,32	0,48

Dados Históricos		
Data	IGP-M - Var. % mensal	IPCA - Var. % mensal
2007.01	0,5	0,44
2007.02	0,27	0,44
2007.03	0,34	0,37
2007.04	0,04	0,25
2007.05	0,04	0,28
2007.06	0,26	0,28
2007.07	0,28	0,24
2007.08	0,98	0,47
2007.09	1,29	0,18
2007.10	1,05	0,3
2007.11	0,69	0,38
2007.12	1,76	0,74
2008.01	1,09	0,54
2008.02	0,53	0,49
2008.03	0,74	0,48
2008.04	0,69	0,55
2008.05	1,61	0,79
2008.06	1,98	0,74
2008.07	1,76	0,53
2008.08	-0,32	0,28
2008.09	0,11	0,26
2008.10	0,98	0,45
2008.11	0,38	0,36
2008.12	-0,13	0,28
2009.01	-0,44	0,48
2009.02	0,26	0,55
2009.03	-0,74	0,2
2009.04	-0,15	0,48
2009.05	-0,07	0,47
2009.06	-0,1	0,36
2009.07	-0,43	0,24
2009.08	-0,36	0,15
2009.09	0,42	0,24
2009.10	0,05	0,28
2009.11	0,1	0,41
2009.12	-0,26	0,37
2010.01	0,63	0,75
2010.02	1,18	0,78
2010.03	0,94	0,52
2010.04	0,77	0,57
2010.05	1,19	0,43
2010.06	0,85	0
2010.07	0,15	0,01
2010.08	0,77	0,04
2010.09	1,15	0,45
2010.10	1,01	0,75
2010.11	1,45	0,83
2010.12	0,69	0,63
2011.01	0,79	0,83
2011.02	1	0,8
2011.03	0,62	0,79
2011.04	0,45	0,77
2011.05	0,43	0,47
2011.06	-0,18	0,15
2011.07	-0,12	0,16
2011.08	0,44	0,37
2011.09	0,65	0,53
2011.10	0,53	0,43
2011.11	0,5	0,52
2011.12	-0,12	0,5
2012.01	0,25	0,56
2012.02	-0,06	0,45
2012.03	0,43	0,21
2012.04	0,85	0,64
2012.05	1,02	0,36
2012.06	0,66	0,08
2012.07	1,34	0,43
2012.08	1,43	0,41
2012.09	0,97	0,57
2012.10	0,02	0,59
2012.11	-0,03	0,6
2012.12	0,68	0,79

Anexo II

Resultados das regressões feitas no Stata e utilizadas no capítulo de metodologia deste trabalho

Para Gasolina:

```
. regress lngcas lngcas1 lnggas lnpgas lnpetoh lnplibcap djan dfev dmar dabr dmai djun djul dago dset dout dnov
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 137		
Model	5.0124864	15	.33416576	F(15, 121)	=	181.77
Residual	.222440479	121	.001838351	Prob > F	=	0.0000
-----				R-squared	=	0.9575
-----				Adj R-squared	=	0.9522
Total	5.23492688	136	.038492109	Root MSE	=	.04288

lngcas1	.6832811	.0533718	12.80	0.000	.5776175	.7889447
lnpgas	-.5243891	.1139305	-4.60	0.000	-.7499445	-.2988336
lnpetoh	.2110571	.0529961	3.98	0.000	.1061374	.3159769
lnplibcap	.1741858	.0498998	3.49	0.001	.075396	.2729755
djan	-.2266851	.019923	-11.38	0.000	-.2661279	-.1872423
dfev	-.1929825	.0186292	-10.36	0.000	-.2298639	-.156101
dmar	-.0778337	.0183274	-4.25	0.000	-.1141176	-.0415498
dabr	-.1498636	.0182585	-8.21	0.000	-.1860111	-.1137161
dmai	-.1494049	.0180048	-8.30	0.000	-.1850501	-.1137597
djun	-.1592663	.0181287	-8.79	0.000	-.1951569	-.1233757
djul	-.1126721	.0181051	-6.22	0.000	-.1485159	-.0768283
dago	-.1205713	.017805	-6.77	0.000	-.155821	-.0853216
dset	-.1327129	.0181333	-7.32	0.000	-.1686126	-.0968132
dout	-.1029681	.0176381	-5.84	0.000	-.1378874	-.0680489
dnov	-.1842244	.0177848	-10.36	0.000	-.2194342	-.1490146
_cons	6.023315	1.015391	5.93	0.000	4.01308	8.03355

```
. dwstat
```

Number of gaps in sample: 11

Durbin-Watson d-statistic(16, 137) = 2.2635

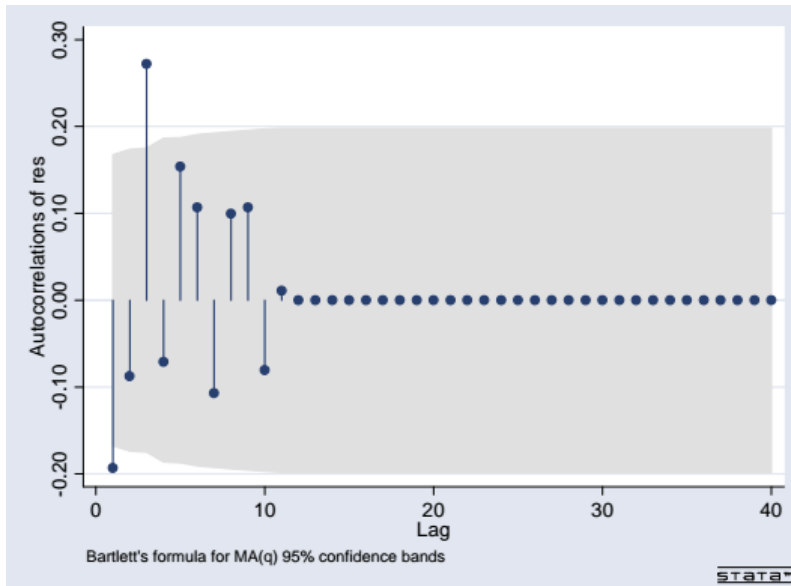


Gráfico 15- Função de Autocorrelação para Gasolina - Fonte: Stata

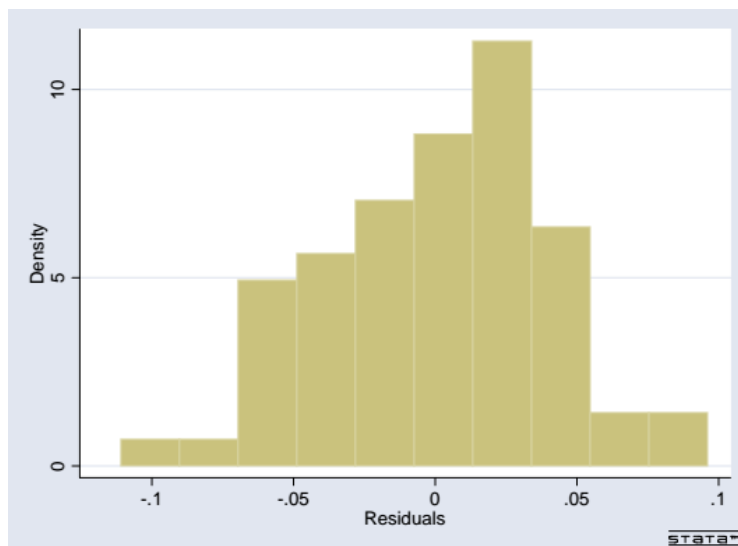


Gráfico 16 - Gráfico de Resíduos para Gasolina - Fonte: Stata

Para Etanol:

```
. regress Incetoh Incetoh1 lnpetoh lnpgas lnplibcap djan dfev dabr djun djul dago dset dout dnov
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	137
Model	45.2039203	13	3.47722464	F(13, 123) =	445.72
Residual	.959574457	123	.007801418	Prob > F	= 0.0000
				R-squared	= 0.9792
				Adj R-squared	= 0.9770
Total	46.1634947	136	.339437461	Root MSE	= .08833

Incetoh	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Incetoh1	.7823672	.0330187	23.69	0.000	.7170088 .8477256
lnpetoh	-.856966	.1080358	-7.93	0.000	-1.070816 -.6431158
lnpgas	1.123099	.2073263	5.42	0.000	.7127095 1.533489
lnplibcap	.9589287	.1528822	6.27	0.000	.6563078 1.26155
djan	-.1303029	.0340008	-3.83	0.000	-.1976055 -.0630003
dfev	-.0635948	.0343073	-1.85	0.066	-.1315039 .0043144
dabr	-.0833274	.0310737	-2.68	0.008	-.1448359 -.0218189
djun	-.1287611	.0311906	-4.13	0.000	-.1905011 -.0670211
djul	-.1066305	.0321279	-3.32	0.001	-.1702257 -.0430353
dago	-.1455957	.0304648	-4.78	0.000	-.2058989 -.0852926
dset	-.0898895	.0301194	-2.98	0.003	-.1495089 -.03027
dout	-.087231	.0302506	-2.88	0.005	-.1471102 -.0273519
dnov	-.1798107	.0300052	-5.99	0.000	-.239204 -.1204173
_cons	-2.431037	.6522819	-3.73	0.000	-3.722189 -1.139885

```
. dwstat
```

Number of gaps in sample: 11

Durbin-Watson d-statistic(14, 137) = 1.721776

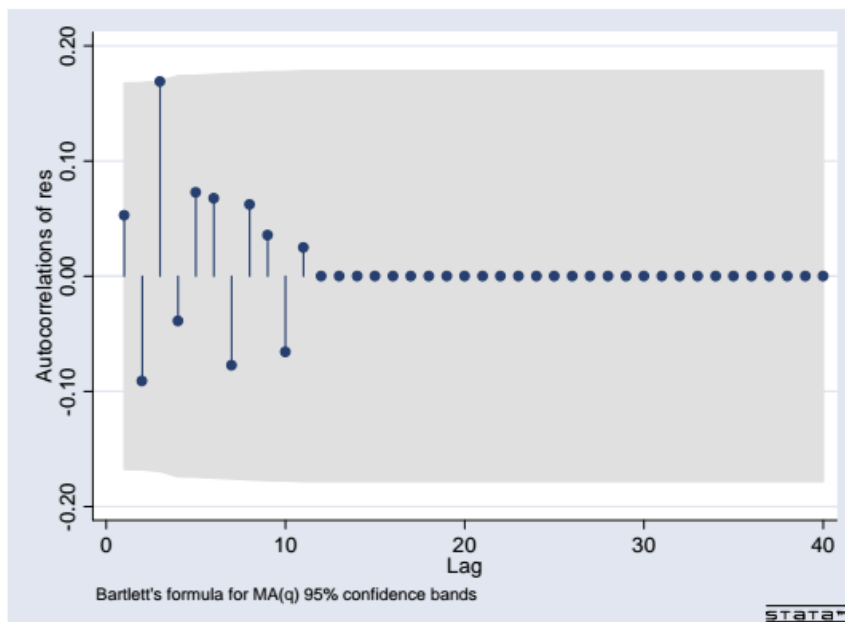


Gráfico 17 - Função de Autocorrelação para Etanol - Fonte: Stata

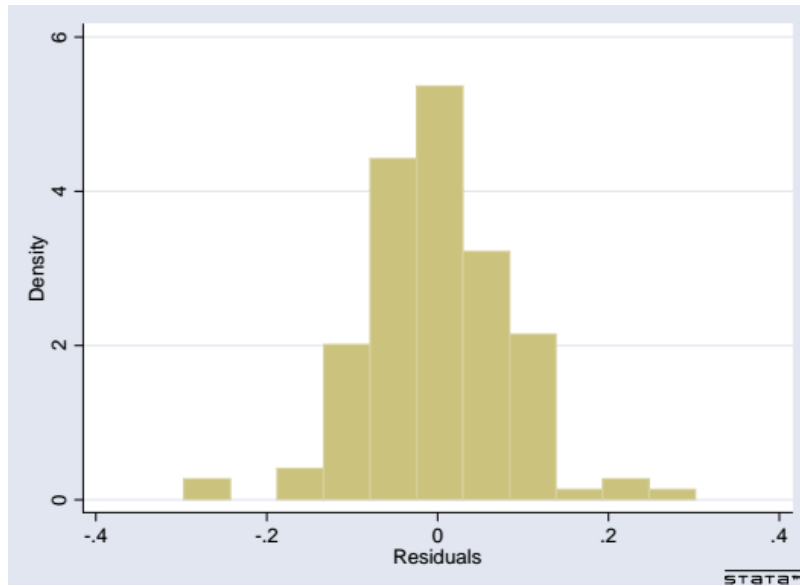


Gráfico 18 - Gráfico de Resíduos para Etanol - Fonte: Stata

Para Diesel:

```
. regress lncdiesel lncdiesel1 lnpdiesel lnplibcap djan dmar dabr dmai djun djul dago dset dout dnov
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	137
Model	3.11872612	13	.239902009	F(13, 123) =	229.82
Residual	.128396507	123	.001043874	Prob > F =	0.0000
Total	3.24712262	136	.023875902	R-squared =	0.9605
				Adj R-squared =	0.9563
				Root MSE =	.03231

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lncdiesel1	.1709224	.0644513	2.65	0.009	.0433449	.2984999
lnpdiesel	-.2739899	.0369243	-7.42	0.000	-.3470793	-.2009004
lnplibcap	.6301903	.0514964	12.24	0.000	.5282563	.7321244
djan	-.030498	.01193	-2.56	0.012	-.0541127	-.0068832
dmar	.1127056	.0129537	8.70	0.000	.0870646	.1383467
dabr	.0382117	.0127582	3.00	0.003	.0129576	.0634659
dmai	.0607985	.0118537	5.13	0.000	.0373348	.0842623
djun	.0471295	.0119335	3.95	0.000	.0235079	.0707511
djul	.0733039	.0119011	6.16	0.000	.0497464	.0968614
dago	.1143339	.0118687	9.63	0.000	.0908404	.1378273
dset	.1020447	.0137683	7.41	0.000	.0747913	.1292981
dout	.1198282	.0120989	9.90	0.000	.0958792	.1437771
dnov	.040563	.0131536	3.08	0.003	.0145262	.0665998
_cons	13.97305	1.098629	12.72	0.000	11.79838	16.14771

```
. dwstat
```

Number of gaps in sample: 11

Durbin-Watson d-statistic(14, 137) = 1.697396

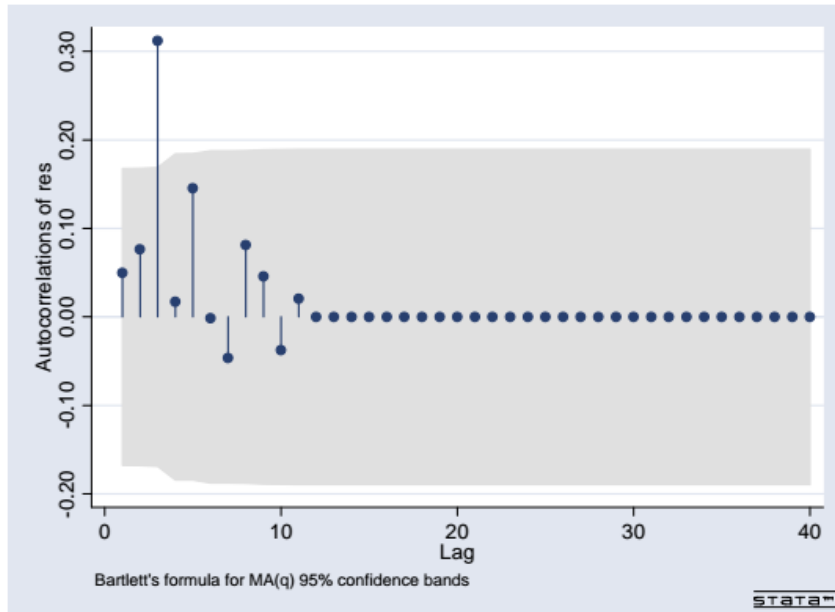


Gráfico 19 - Função de Autocorrelação para Diesel - Fonte: Stata

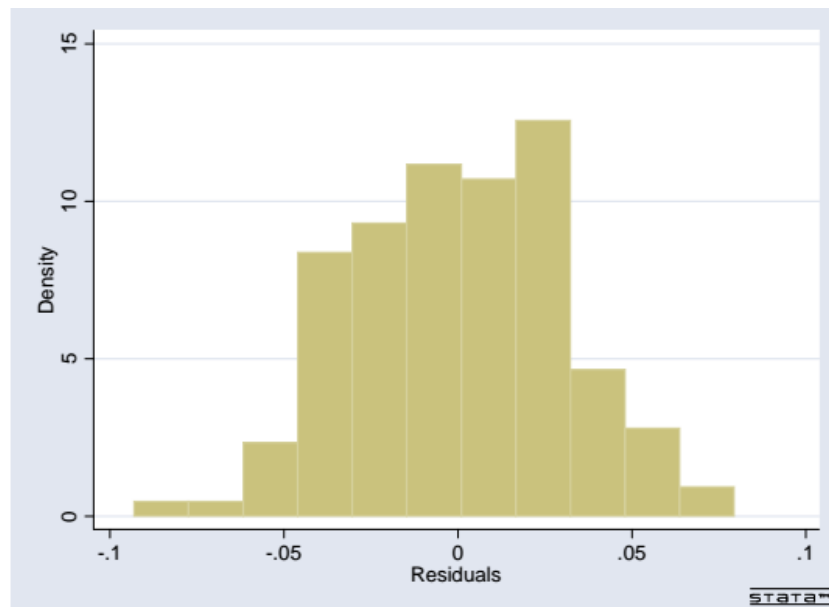


Gráfico 20 - Gráfico de Resíduos para Diesel - Fonte: Stata