



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JAMILE DE CAMPOS COLETI

**Os impactos das tarifas e dos custos de transporte na
comercialização de etanol**

Campinas
2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JAMILE DE CAMPOS COLETI

**Os impactos das tarifas e dos custos de transporte na
comercialização de etanol**

Prof.^a Dr.^a Andrea Leda Ramos de Oliveira – orientadora

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Econômico, na área de Economia Agrícola e do Meio Ambiente

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA JAMILE DE
CAMPOS COLETI, ORIENTADA PELA PROF.^a DR.^a
ANDREA LEDA RAMOS DE OLIVEIRA.**

**Campinas
2019**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Mirian Cláudio Alves - CRB 8/8708

C679i Coletti, Jamile de Campos, 1991-
Os impactos das tarifas e dos custos de transporte na comercialização de etanol / Jamile de Campos Coletti. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Andrea Leda Ramos de Oliveira.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Custos de transação. 2. Logística. 3. Etanol. 4. Modelos econômicos. 5. Comercialização. I. Oliveira, Andrea Leda Ramos de, 1977-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Impacts of fees and transport costs in ethanol trading

Palavras-chave em inglês:

Transaction costs

Logistics

Ethanol

Economic models

Trade

Área de concentração: Economia Agrícola e do Meio Ambiente

Titulação: Doutora em Desenvolvimento Econômico

Banca examinadora:

Andrea Leda Ramos de Oliveira [Orientador]

José Maria Ferreira Jardim da Silveira

Ana Paula Milanez

Raquel Pereira de Souza

Bruno César Brito Miyamoto

Data de defesa: 25-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Desenvolvimento Econômico

Identificação e informações acadêmicas (data) slm004j

- ORCID do autor: <http://orcid.org/0000-0001-9620-2874>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7718134600703144>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JAMILE DE CAMPOS COLETI

**Os impactos das tarifas e dos custos de transporte na
comercialização de etanol**

Prof.^a Dr.^a Andrea Leda Ramos de Oliveira – orientadora

Defendida em 25/02/2019

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Andrea Leda Ramos de Oliveira - PRESIDENTA
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Milanez
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Prof. Dr. Bruno César Brito Miyamoto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)

Prof.^a Dr.^a Raquel Pereira de Souza
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica da aluna.

“Comprei uma mata virgem do coronel Bento Lira,
Fiz um rancho de barrote, amarrei com cipó cambira,
Fiz na beira da lagoa só para pescar traíra.

Eu não me incomodo que me chamam de caipira,
No lugar que índio canta muita gente admira.

Canoa fiz de paineira, varejão de guaiuvira,
A boita pesa uma arroba, dois remos de sucupira
Se joga a tarrafa n'água sozinho um homem não tira...”

(Cacique / Carreirinho, 1986)

**Dedico essa tese de doutoramento para todos
agricultores e caminhoneiros que ajudam a mover esse
país.**

Agradecimentos

Essa tese jamais se concluiria sem todos aqueles que me acompanharam nesse processo de construção. Eu agradeço primeiro a Deus por me guiar em cada decisão, por me dar o dom da vida e a sapiência necessária para cruzar a linha de chegada.

Agradeço ao meu pai por ter sempre se empenhado a dar o melhor para mim e para o meu irmão, desde a época de Terra Fértil, banana e cana-de-açúcar, foram muitas safras até eu entrar na tão sonhada Universidade e depois muitos anos no Bazar para eu terminar os estudos – até o doutorado.

À minha mãe, mulher guerreira da cidade que na necessidade foi trabalhar na roça para não interromper meus estudos, matou muita cobra na banana e apagou muito fogo na cana. Deus me fez em sua semelhança e ele não poderia ter acertado melhor.

Ao meu irmão, o Guilherme, pelo carinho, pela paciência em compartilhar a internet enquanto as bases de dados eram baixadas e por ser sempre meu companheiro. Aproveito também para agradecer à minha madrinha, aos tios e tias e aos primos por sempre compreender a minha ausência.

Um agradecimento especial à minha orientadora que o destino colocou na minha vida e que sempre acreditou em mim –até mesmo quando eu não acreditava. Andréa Leda me acolheu em sua família linda e esteve do meu lado em todos os momentos numa relação de parceria, às vezes mãe, às vezes irmã, às vezes amiga e sempre me orientando para a vida. Sei que os puxões de orelha doeram mais nela do que em mim, mas eles também fazem parte do processo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a Universidade Estadual de Campinas por ser meu lar desde a graduação, aos funcionários do Instituto de Economia por serem minha família e aos colegas de classe meus irmãos. Em especial aos professores do NEA, José Maria da Silveira, Antônio Márcio Buainain, Ângela Kageyama, Alexandre Gori, Bastiaan Reydon, Pedro Ramos, Ivette Luna, Rodrigo Lanna, Marcelo Cunha, Walter Belik e todos os demais que fizeram parte da minha formação.

Agradeço também ao Logicom, grupo de pesquisa ao qual fiz parte desde sua criação e que trouxe oportunidades e pessoas maravilhosas à minha vida. Em especial aos meus colegas: Bruna, Moa, Karina, Dag e Joseane, pelos momentos compartilhados.

Foram 7 anos de Instituto de Economia que ficaram para sempre em minha memória, foi lá que eu fiz a maior parte dos meus amigos e dos meus parceiros de pesquisa é com

lágrima nos olhos que agradeço todos eles por terem cruzado a minha vida em algum momento. Um agradecimento com lágrimas nos olhos para o Marcelo Messias, nosso secretário e parceiro de todas as horas, e aos meus amigos: Bruno Miyamoto, Jaim, Roney, Affonso, Armando, Elysson, Thales, Gabriela, Paulo Ricardo, Fabio Massago, Mariane Crespolini, Caroline, Fernanda, Josy, Patrícia, Marília Basetti, Ednalva, Ana Luiza, Pedro Henrique, Andrea Marques, Felipe, Pedro, Elias, Mayara, Gabriela Benatti, Grazi, Adâmara, Camila Sakamoto e Camila Veneo. Agradeço também ao Gustavo, à Wilma e ao Nelson por toda hospitalidade nesses anos e por sempre motivar de alguma forma os nossos estudos.

Agradeço à Faculdade Anhanguera de Piracicaba por proporcionar a minha primeira turma como docente, aos professores e funcionários pelo companheirismo, à coordenadora Danielle Amstalden por sempre acreditar no meu trabalho, à Débora e ao Prof. Marcelo por me dar grandes desafios e segurar minha mão em todos eles.

Agradeço aos especialistas do setor que colaboraram com a pesquisa desde o começo, Carlos Xavier, Joaquim Cunha, Luciano Rodrigues, José Eduardo Holler Branco, Felipe Aliotte e ao Professor José Vicente Caixeta Filho pelos anos de ESALQ-Log.

Vou sempre ser grata ao Governo Canadense por ter me selecionado ao Emerging Leaders of America Program que me financiou por um semestre na University of Manitoba sob supervisão do prof. Derek Brewin, por toda ajuda da secretária Surinder Kamboz e pelas pessoas ótimas de conheci: Elizabeth e Leona, Renato, Renata, Karen Van Deynze e sua amada família. Jacob, Trevor e Tony.

Durante o período no Canadá fui selecionada para participar do ELAP Tour onde pude conhecer outros estudantes que participavam do programa, mas que estavam espalhados pelo Canadá, essa foi uma semana intensa em Ottawa, ON onde pude conhecer as mentes mais promissoras das gerações futuras: Matheus, Rodrigo, Daniel, Viviane, Pedro e Bruna Soldera.

Agradeço também aos meus amigos do Coc Piracicaba, que sempre estiveram a distância mais perto do coração: Malu, Capello, Cauê, Felipe Montrazzio e Talita Poloni. Por fim agradeço as minhas amigas de Frutal que fizeram parte da construção final dessa tese: Ana Beatriz, Isadora, Flávia e Rafaella.

Por fim agradeço aos membros da banca que tiveram um papel fundamental na elaboração desta tese, cada um contribuiu de alguma forma e tenho uma imensa gratidão por todas as sugestões e reflexões feitas para o trabalho

RESUMO

Num contexto altamente competitivo ocasionado pela globalização, o agronegócio é considerado o setor que insere o Brasil na dinâmica econômica mundial. Com foco no etanol, esta tese busca analisar se os efeitos dos custos logísticos e das tarifas comerciais que incidem sobre o etanol brasileiro impactam nos fluxos de comércio. Através do desenvolvimento de um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista – PCM, buscou-se propor cenários onde diferentes políticas são adotadas. O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, assim, identificar onde e como são formados os custos logísticos e de comercialização é de fundamental relevância para o agronegócio brasileiro. Soma-se a isso o aumento da busca mundial por energias renováveis que eleva o número e a frequência das vendas de etanol, o que gera uma elevação dos custos de transação. A partir dos cenários gerados para essa tese, a análise de sensibilidade demonstrou que a redução de 20% no valor das tarifas de importação e no custo de transporte o mercado brasileiro é capaz de aumentar o seu fluxo comercializado em 5,3%, o que geraria um aumento de receita de aproximadamente U\$ 334 milhões em receitas anuais. O modelo também se apresentou mais sensível quando se compara o custo das tarifas em relação ao custo de transporte. Com base nos cenários avaliados, concluímos que a redução das tarifas tem um impacto maior na comercialização frente a redução dos custos de transporte. Por outro a elevação dos custos combinados (logísticos e tarifas) reduzem significativamente as transações comerciais. Com isso podemos configurar um novo desenho para a cadeia do etanol onde uma menor taxaço do produto atrelado à baixos custos de transporte se revertam em novas oportunidades de negócios.

Palavras Chave: custos de transação, logística, etanol, modelos econômicos, comercialização

ABSTRACT

In a highly competitive context caused by globalization, agribusiness is considered the sector that places Brazil in the global economic dynamic. With a focus on ethanol, this thesis seeks to analyze whether the effects of logistics costs and commercial tariffs on Brazilian ethanol impact on trade flows. Through the development of a partial equilibrium model formulated as a Mixed Complementarity Problem - PCM, we tried to propose scenarios where different policies are adopted. Brazil is the second largest producer of ethanol in the world, thus, identifying where and how the logistics and marketing costs are formed is of fundamental relevance for Brazilian agribusiness. Add to this the increase in the global search for renewable energy that raises the number and frequency of ethanol sales, which leads to higher transaction costs. Based on the scenarios generated for this thesis, the sensitivity analysis showed that the reduction of 20% in the value of import tariffs and in the transportation cost the Brazilian market is able to increase its sales volume by 5.3%, which would generate a revenue increase of approximately U \$ 334 million in annual revenues. The model was also more sensitive when comparing the cost of the tariffs in relation to the cost of transportation. Based on the scenarios evaluated, we conclude that lowering tariffs has a greater impact on commercialization compared to lowering transportation costs. On the other, rising combined costs (logistics and tariffs) significantly reduce business transactions. With this we can set up a new design for the ethanol chain where lower taxation of the product coupled with low transport costs will revert to new business opportunities.

Keywords: transaction costs, logistics, ethanol, economic models, trade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da produção de etanol no Brasil (em mil m ³).....	19
Figura 2. Capacidade média de produção de etanol das usinas, por UF (m ³ /dia)	23
Figura 3. Área plantada de cana-de-açúcar (em milhões de hectares)	24
Figura 4. O sistema LOGUM	39
Figura 5. Logística de distribuição de etanol.....	42
Figura 6. Distribuição de combustíveis no Brasil, 2010	44
Figura 7. Equilíbrio de comercialização entre duas regiões.....	51
Figura 8. Análise de sensibilidade dos cenários alternativos	72

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Tarifa de importação de etanol por país em 2016 (ad-valorem)	35
Tabela 2. Características dos modais para transporte de etanol.....	38
Tabela 3. Dados de produção e consumo para etanol em 2016 (mil m ³).....	64
Tabela 4. Dados de entrada do modelo	65
Tabela 5. Tarifas nas regiões de estudo em 2016 (US\$/m ³).....	66
Tabela 6. Custos de transporte nas regiões de estudo em 2016 (em US\$/m ³)	67
Tabela 7. Fluxos estimados do mercado interno (em mil m ³).....	68
Tabela 8 - Cenário base no mercado interno e externo (em mil m ³).....	69
Tabela 9. Variação do valor de frete entre 2016-2018	71
Tabela 10. Resultado resumido dos cenários alternativos	72
Quadro 1. Marketshare do setor de etanol em 2018	30
Quadro 2. Composição das Macro-Regiões estudadas	62

SUMÁRIO

Introdução	13
1. Histórico do Setor sucroalcooleiro	16
1.1. Etanol como combustível	16
1.2. O Proálcool	17
1.3. O etanol após a tecnologia Flexfuel	21
2. A Comercialização de etanol do Brasil.....	25
2.1. Estrutura de mercado do setor de etanol	26
2.2. Tarifas que incidem sobre o etanol	32
3. Logística do etanol no Brasil	36
3.1. Logística de etanol no mercado interno	37
3.2. Logística de etanol para exportação	44
4. Metodologia.....	47
4.1 Modelos de equilíbrio espacial a partir de Samuelson (1952)	47
4.2 O PCM de Rutherford (1995)	50
4.3 PCM para o etanol	54
4.4. Descrição dos dados	61
5. Resultados e Discussão	68
5.1 Cenário base	68
5.2 Cenários alternativos	70
Conclusão.....	74
Referências Bibliográficas	76
ANEXOS.....	85

Introdução

Nos últimos anos a competitividade brasileira em alguns setores agrícolas vem aumentando, em especial: soja e derivados, algodão, açúcar e álcool, suco de laranja, café e carnes. Parte dessa competitividade deve-se às inúmeras mudanças tecnológicas e os investimentos em pesquisas que levaram a elevados ganhos de produtividade (GASQUES et al., 2010; BARROS, 2010; SILVEIRA, 2010).

Em décadas passadas o Brasil exportava produtos tradicionais como café, açúcar e cacau, porém a concentração das exportações numa quantidade reduzida de produtos leva a potenciais crises nas contas externas, exemplo disso temos a crise do café no final do século 10 e a de 1929 (CONTINI, 2014).

Segundo Milanez et al. (2010), após décadas de incerteza institucional e econômica, o mercado nacional de etanol recuperou sua força em 2003, ano do advento da tecnologia de motores *flexfuel*. Desde então, a venda de etanol hidratado apresentou um crescimento acumulado de aproximadamente 231% (ANP, 2019). Este crescimento está fortemente relacionado com o advento dos veículos flexíveis, cuja evolução das vendas tem se tornado ponto fundamental da sustentação da demanda por etanol. Em 2017, a frota de veículos *flex* atingiu 36 milhões, além disso, tal frota representava cerca de 62% da frota total de veículos licenciados no Brasil (ANTT, 2018).

Sendo assim, esse estudo busca responder à seguinte pergunta: Qual o efeito dos custos de tarifas comerciais e dos custos de transporte nos fluxos de comércio de etanol no mercado doméstico e internacional?

Na corrida por fontes de energias renováveis, diversos países estão buscando consolidar mercados próprios de etanol e barreiras tarifárias e não tarifárias têm sido mecanismos adotados para contribuir com o desenvolvimento de seus mercados internos.

Analisar os custos de comercialização e transporte e propor alternativas que alterem a estrutura de comercialização atual de forma a garantir a competitividade do etanol no mercado doméstico e internacional se faz necessário uma vez que o produto sofre ameaças com a presença da gasolina - seu principal produto concorrente e que possui mecanismos de precificação determinados pelo poder público – além da ameaça do etanol de milho subsidiado, produzido a baixos custos nos Estados Unidos.

De acordo com Alvim (2003), diversas abordagens teóricas têm sido utilizadas para mensurar as interações entre oferta e demanda, com destaque para os modelos de equilíbrio geral e modelo de equilíbrio parcial. De modo geral esses modelos estão baseados na teoria de comércio internacional para estimar os desvios de mercado ocorridos por meio de mudanças políticas governamentais.

Como os modelos de equilíbrio geral demandam uma grande quantidade de informações que, na maior parte das vezes, não estão disponíveis, é preciso adotar hipóteses simplificadoras comprometendo os resultados obtidos. Já os modelos de equilíbrio parcial, apesar de minimizarem a interferência do comportamento de um determinado mercado sobre o resto da economia, exigem uma quantidade de informações sensivelmente menor (OLIVEIRA, 2011).

O etanol é o produto escolhido para este estudo devido à sua grande importância ao agronegócio nacional, pois além do Brasil ser o segundo maior produtor no mundo existe uma perspectiva positiva em relação à elevação de consumo em virtude do aumento na demanda por combustíveis renováveis. Além disso, incide sobre o etanol variados percentuais de tarifas e tipos de subsídios entre os estados e países, permitindo uma avaliação dos diferentes impactos das políticas comerciais sobre o mercado.

O objetivo geral desta tese é analisar se os efeitos dos custos logísticos e dos custos das transações comerciais impactam nos fluxos de comércio do etanol brasileiro. Para tanto, é proposto o desenvolvimento de um modelo de equilíbrio parcial, que propicie a orientação nas discussões relacionadas aos melhores mecanismos de comercialização.

A hipótese é de que além dos custos logísticos, outros custos relacionados a transação do etanol, por vezes pouco observáveis e de difícil mensuração, interferem nos fluxos comerciais. Esses custos combinados, logísticos e das transações, permanecem inexplorados nas discussões relacionadas à comercialização, entretanto, a sua ocorrência pode alterar substancialmente as relações de oferta e demanda.

A partir dessas considerações o trabalho utilizou um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista - PCM - o qual permite a inclusão dos custos das transações e das políticas comerciais, além da construção de cenários. Foram construídas duas simulações para testar os impactos:

a primeira representa o cenário atual, na segunda é suposto um cenário futuro que conta com a implementação de diferentes políticas comerciais.

O impacto é testado nas variáveis de preços e quantidades de oferta e de demanda do comércio entre as regiões¹. O período de referência utilizado é referente ao ano de 2016. A contribuição deste trabalho está na inclusão de uma variável ao modelo PCM que representa os custos das transações comerciais e o custo de transporte.

A tese está estruturada da seguinte forma: após a introdução e o objetivo o capítulo 1 apresenta o histórico do setor do etanol no Brasil desde a utilização do etanol como combustível até os dias atuais. No capítulo 2 é tratado o tema comercialização de etanol onde são levantadas as estruturas de mercado existentes para a negociação do produto, as formas de contrato, os custos que incidem sobre a comercialização.

O capítulo 3 trata da logística do etanol e estará dividido entre sistema logístico para o mercado interno e sistema logístico de etanol voltado à exportação. O objetivo do capítulo é demonstrar o quão frágil é nossa estrutura de transporte e como isso pode influenciar nos custos.

No capítulo 4 é explorada a metodologia utilizada, levantando os principais autores que vêm trabalhando a temática desde o pioneiro Paul Samuelson em 1952. As equações estão inseridas num modelo de equilíbrio parcial, formulado como um PCM e a calibração proposta por Paris et al. (2011) servirá como base para a proposição de cenários. Ainda no capítulo 4 são apresentados os dados utilizados para a implementação do modelo.

O capítulo 5 traz os resultados do modelo expresso em formulação de cenários: cenário base e cenários futuristas onde novas políticas de comercialização e distribuição poderão ser simuladas. No capítulo 6 é discutido os efeitos da adoção de novas políticas para o setor e em seguida as conclusões e contribuições do trabalho.

¹ As regiões selecionadas correspondem aos maiores produtores e consumidores de etanol.

1. Histórico do Setor sucroalcooleiro

1.1. Etanol como combustível

Com frequentes oscilações no mercado internacional, havia interesse por parte dos donos de engenho para que novas aplicações para a cana-de-açúcar fossem encontradas. Na década de 1930 a primeira adição de álcool na gasolina foi incorporada, ainda que na proporção de 5%, todavia, significava uma tentativa de recuperação do setor que passava por mais um período de crise.

O presidente Getúlio Vargas em 1933 criou o Instituto do Açúcar e Álcool (IAA) que segundo Jambeiro (1973) tinha como objetivo proteger o complexo açucareiro nacional já que o período foi marcado por uma superprodução mundial de açúcar. De acordo com Vian (2002), o IAA trouxe uma série de avanços técnicos para as usinas, introdução de novas variedades de cana-de-açúcar o que possibilitou os ganhos de escalas aos quais o setor vinha buscando.

De acordo com Shikida e Bacha (1998), o IAA assumia função de órgão regulador à medida em que controlava as exportações e definia os preços e foi extinto somente em 1990, porém seu poder foi reduzido com a criação do Próalcool. A presença do Estado passa a ser mais ativa de forma que em 1940 foi criado o Estatuto da Lavoura Canavieira que buscava regular as relações entre as usinas e os fornecedores de cana-de-açúcar, e entre os fornecedores e os trabalhadores canavieiros.

O mercado açucareiro se manteve aquecido durante a década de 1960 até meados de 1970, porém, o mercado de *commodities* agrícolas determinou que após um período de elevação dos preços, podia se esperar uma queda dos níveis de preço devido ao aumento da área plantada e dos níveis de produtividade – estimulados pela busca de maiores margens de lucro – e à entrada de novos produtores (PIACENTE, 2006).

Havia um declínio eminente nos preços internacionais do açúcar em 1975 que somado ao primeiro choque do petróleo causou um enorme déficit na balança comercial. Restava ao Estado intervir novamente para tentar reverter o cenário de crise. Dentre as medidas anunciadas pelo governo para corrigir a situação macroeconômica havia uma série de programas voltados para a substituição dos principais derivados do petróleo: o Proóleo, Procarvão e o Proálcool.

1.2. O Proálcool

Em linhas gerais, o Proálcool tinha como objetivos economizar divisas, reduzir a dependência da importação de petróleo e aumentar a utilização da capacidade produtiva dos engenhos que estavam ociosos e mantendo altos níveis de estoques de açúcar. A produção alcooleira se deu em um primeiro momento em destilarias anexas aos engenhos. Era produzido o álcool anidro cujo destino era a mistura com a gasolina – substituindo o chumbo tetraetila.

A produção alcooleira necessitava de subsídios para se manter e mesmo com os preços do petróleo elevados no mercado internacional, o etanol não apresentava preços competitivos, extinguindo-se os subsídios em 1984 (CARVALHO, 2013). O programa Proálcool foi lançado em 1975 e possuía como meta atingir a produção de três bilhões de litros de etanol anidro até 1980. O etanol produzido deveria ser misturado à gasolina numa porcentagem de até 20% (SHIKIDA e BACHA, 1998).

Além do ganho em produção, o Proálcool previa uma linha de incentivos de financiamento e fiscais, o programa começa a apresentar resultados em 1976 quando foram injetados US\$ 1 bilhão no setor, sendo que destes, 75% dos fundos eram provenientes do poder público (SHIKIDA e BACHA, 1998).

O Proálcool teve um novo impulso em 1979 com o segundo choque do petróleo, aumento dos juros internacionais e o início do que conhecemos como “a década perdida” (LEÃO, 2002). A nova fase do programa impôs uma meta de produção de 10,7 bilhões de litros de etanol até 1985 e o etanol do tipo hidratado começou a ser produzido como um substituto para a gasolina. Como incentivos para a venda do carro à álcool o governo propôs a redução de impostos e uma paridade entre o preço da gasolina e do etanol na bomba da ordem de 65% (SHIKIDA e BACHA, 1998).

Os esforços empregados para impulsionar o mercado de etanol do Brasil só aumentam de forma que na segunda fase do Proálcool a porcentagem de mistura de etanol anidro na gasolina sofre reajuste para 22%, gerando a necessidade de instalação e novas destilarias.

O programa era visto pelo governo como uma oportunidade de incentivo à recuperação econômica de forma que fornecedores, produtores e consumidores atuavam em sintonia. A indústria automobilística, que na primeira fase ficou às

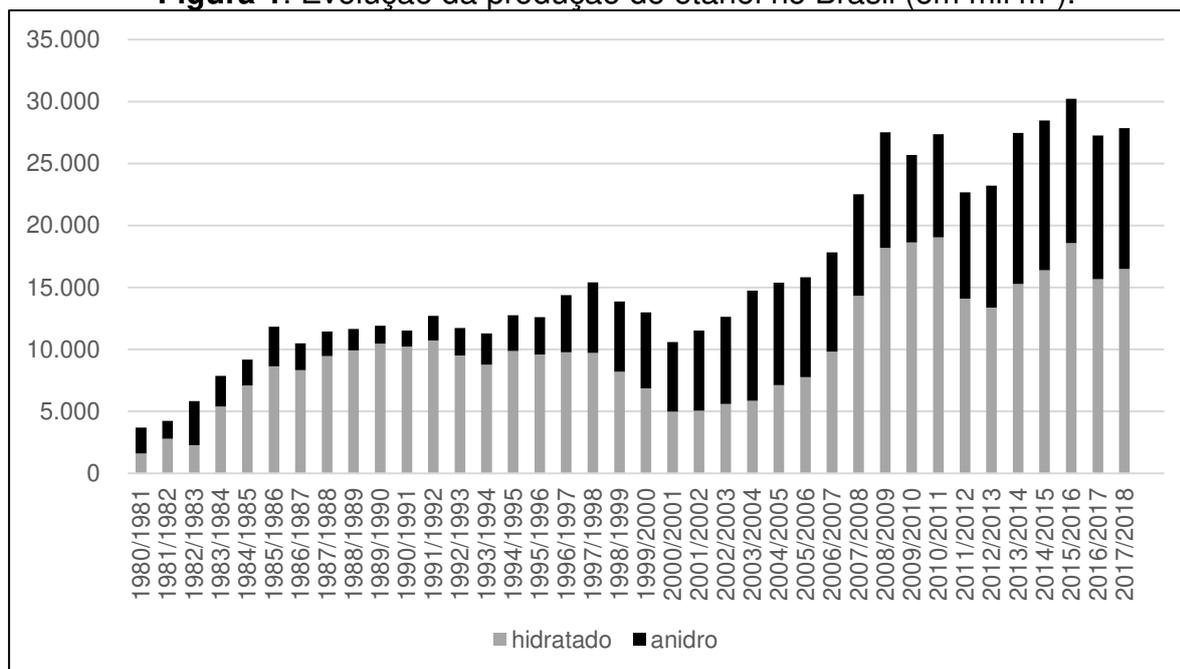
margens do programa e vinha sofrendo com os efeitos da recessão econômica via no etanol hidratado uma possibilidade de aumentar suas receitas além de dar continuidade à política de priorizar o transporte rodoviário (SHIKIDA E BACHA, 1998).

Assim como a meta da produção, os investimentos também aumentaram para o novo período: US\$ 5 bilhões, destes US\$ 500 milhões vieram do Banco Mundial, US\$ 2,5 bilhões de capital público e US\$ 2 bilhões da iniciativa privada, uma estrutura de capital diferente da apresentada no período anterior (SHIKIDA E BACHA, 1998).

Esse segundo momento possibilitou a implantação de novas destilarias no Noroeste e Oeste do estado de São Paulo, no Centro-Oeste do Brasil, na região do Triângulo Mineiro e no Paraná, atribuindo uma nova fronteira agrícola em regiões que eram tradicionalmente produtoras de café e gado de corte. Pode-se atribuir o sucesso da plantação de cana-de-açúcar nessas regiões ao avanço em pesquisas agronômicas (que inclui o desenvolvimento de novas variedades), consolidação da indústria de máquinas agrícolas e implementos (com expressiva participação da indústria química), adequação do solo e da topografia, entre outros (VIAN, 2002).

A concretização do etanol hidratado como combustível exigiu uma série de acordos entre o governo e a indústria automotiva. Foi determinado pelo governo que o preço do litro do etanol seria 30% inferior ao da gasolina, redução do Imposto de Produtos Industrializados (IPI) para veículos com motores a álcool e isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e de Serviços (ICMS) para carros movidos a álcool (PIACENTE, 2006).

Os incentivos impulsionaram a indústria automotiva a enxertar cada vez mais carros movido à álcool no mercado, de forma que a década de 1980 ficou marcada por modelos que necessitavam de calibração no carburador, de um sistema de pré-aquecimento e lidar com o problema de corrosão das partes metálicas – questões que antes não eram apresentadas nos veículos movidos a gasolina. A Figura 1 mostra a evolução da produção de etanol anidro e hidratado durante as últimas décadas.

Figura 1. Evolução da produção de etanol no Brasil (em mil m³).

Fonte: UNICA (2018).

Em um terceiro período – que se inicia em 1989 - houve a desestruturação dos incentivos governamentais, isso devido à redução dos preços do barril do petróleo no mercado internacional, à redução nas políticas de fomento ao setor canavieiro oferecidas pelo governo federal e a alta no preço do açúcar no mercado internacional (Piacente, 2006). O final da década também representou a baixa produção de etanol frente à demanda interna, principalmente devido a carência de planejamento. Desta forma, muitos consumidores brasileiros perderam a confiança frente aos novos automóveis a álcool, o que reduziu drasticamente as vendas nos anos seguintes. Soma-se a este período conturbado a indisponibilidade de recursos estatais para subsidiar o setor. Segundo Piacente (2006), o desabastecimento ocorrido em 1989 foi gerador de conflitos de interesses para o setor sucroalcooleiro, de um lado os usineiros acusavam a Petrobrás de não retirar o etanol hidratado nos estoques das usinas, por outro lado, o governo afirmava que os usineiros diminuiriam a produção do etanol para priorizar o açúcar que atraía preços mais altos no mercado internacional.

A década de 1990 marca um novo arranjo institucional para o setor e para a economia, a mudança para o regime democrático em 1988 apresenta um Estado menos intervencionista o que deu margem para uma participação mais ativa dos

agentes do setor. Em 1990 termina o IAA e com o governo Collor ocorre a desregulamentação do setor.

Uma análise apresentada por Shikida e Bacha (1998) indica que a desregulamentação do setor ocorreu de forma brusca, o Estado saiu de forma muito rápida depois de anos de intervenção e controle, de forma que sem apoio político o setor não conseguia se reinventar.

Se teve algo positivo com a desregulamentação do setor foi a introdução de novas estratégias por parte dos agentes para se manterem competitivos, com isso apostaram na diferenciação de seus produtos, desenvolveram novas técnicas de produção pautadas na diversificação produtiva. Belik et al. (1998) apontam que algumas usinas buscavam a especialização de mercado, a redução dos custos de transação e a redução da complexidade da coordenação da cadeia.

Foi a partir da década de 1990 que novos produtos começaram a chegar nos mercados, como foi o caso do açúcar líquido, açúcar orgânico e de adoçantes. A estratégia era de buscar diferenciação do produto com base na qualidade, na forma de apresentação e no preço. Essa diversificação foi além do açúcar e as destilarias começaram a ofertar o álcool industrial – com destaque para a Usina Ester que mantém até os dias atuais a produção de álcool para a indústria farmacêutica, bebidas e cosméticos.

Em 1996 o setor sucroalcooleiro buscou apoio político através da Associação dos Municípios Canavieiros do Estado de São Paulo, da Coligação das Entidades Produtoras de Açúcar e Álcool (CEPAAL) e da UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo), instituições que tentavam assegurar as políticas de mercado.

Barros e Moraes (2002) apontam uma série de pequenos incentivos fiscais promovidos durante o governo do presidente Fernando Henrique Cardoso como a diminuição das alíquotas sobre o etanol, redução do IPVA para veículos movidos a álcool, mas nada significativo a ponto de reanimar o setor.

O setor continuou em declínio e de acordo com Leão (2002) as dívidas chegaram a R\$ 5 bilhões, além disso, os custos de produção estavam altíssimos chegando ao ponto de alguns produtores de cana desistirem de colher a lavoura. O setor chega na crise profunda em meados de 1998.

1.3. O etanol após a tecnologia Flexfuel

A recuperação do setor teve início no século XXI, onde a escassez e o histórico decorrente de altas de preços do petróleo motivaram as montadoras de automóveis a investir em pesquisas, o que resultou numa tecnologia bastante promissora: os motores *Flex-fluel*, cujas características permitiam os carros serem abastecidos com gasolina ou álcool ou com os dois combustíveis simultaneamente.

Segundo Lima (2009) o principal objetivo da tecnologia *flexfuel* é permitir que o consumidor possa escolher o combustível que deseja abastecer, levando em conta a razão preço e rendimento. Em abril de 2003 a Volkswagen lançou o primeiro Gol Total Flex1.6, que foi o pioneiro dentre os modelos com a nova tecnologia no mercado. No mês de julho do mesmo ano chegou o modelo Corsa *Flexpower* desenvolvido pela GM do Brasil juntamente com o modelo da Ford, o Fiesta *Flex-Fluel*.

A partir desses lançamentos a tecnologia se tornou um grande sucesso, nem mesmo as queixas com perda de eficiência energética com a adoção da injeção flexível foi capaz de frear a tecnologia, hoje presente também em modelos de luxo da BMW e da Mercedes-Benz.

De acordo com Bermann (2008) a retomada da produção de etanol em 2003 foi uma resposta pela pressão internacional pela busca de energias sustentáveis e diminuição na emissão de gases de efeito estufa – o que gerou uma expectativa por parte dos agentes do setor em se inserir no mercado internacional de etanol, além do açúcar.

Lima (2009) ressalta que os motores *flexfuel* produzidos nos Estados Unidos não eram compatíveis com os combustíveis nacionais, tanto o etanol hidratado quanto a mistura feita de gasolina e etanol anidro, portanto foi necessário o desenvolvimento de uma tecnologia completamente “brasileira” que é considerada por muitos especialistas como uma verdadeira inovação para o mercado de combustíveis renováveis no mundo. Desde julho de 2007, a partir da portaria nº143 no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as misturas de etanol anidro na gasolina vêm obedecendo a ordem e 25% (BRASIL, 2007).

O poder de escolha do combustível se tornou fundamental no Brasil, de forma que em períodos de alta de preço do etanol, a gasolina passa a ser mais competitiva – pois se levar em consideração o preço e o consumo do combustível, o

etanol apesar de ter um preço mais em conta, faz o carro consumir mais – portanto ficou definido que a paridade entre o preço do etanol com relação ao da gasolina deve ser de até 70%², se o etanol custar mais que isso, a gasolina será mais competitiva.

A demanda de etanol é fortemente impulsionada pelo mercado doméstico, porém há uma crescente preocupação com a redução de poluentes relacionados aos combustíveis fósseis além das preocupações com o risco de desabastecimento que o petróleo oferece, uma vez que se trata de um combustível fóssil passível de esgotamento (AMATUCCI E SPERS, 2010; NEVES E CONEJERO, 2010).

A legislação internacional também prevê novos usos para combustíveis com fontes renováveis como é o caso do mandato do Renewable Fuel Standard (RFS) dos Estados Unidos onde até 2022 o país deverá utilizar 136 bilhões de litros de combustíveis renováveis no transporte (MOURA, 2010).

O Brasil apresenta uma posição privilegiada como grande produtor de etanol no mundo, de acordo com a União da Indústria de Cana-de-açúcar - UNICA (2018), na safra 2015/2016 o Brasil produziu cerca de 30 milhões de m³, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que produziam aproximadamente 58 milhões de m³ (RFA, 2018).

O consumo de etanol no Brasil também é alto, uma vez que grande parte da frota de veículos leves possui o motor *flexfuel*. Em 2016 foram consumidos cerca de 14,5 milhões de m³ de etanol hidratado e mais 11,6 milhões de m³ de etanol anidro adicionados à gasolina (UNICA, 2018).

Com relação às exportações, o Brasil exportou cerca de 6% da sua produção, em 2016 foram exportados 1,7 milhões de m³ sendo o porto de Santos, sozinho, responsável por embarcar 87% das exportações brasileiras (UNICA, 2018)

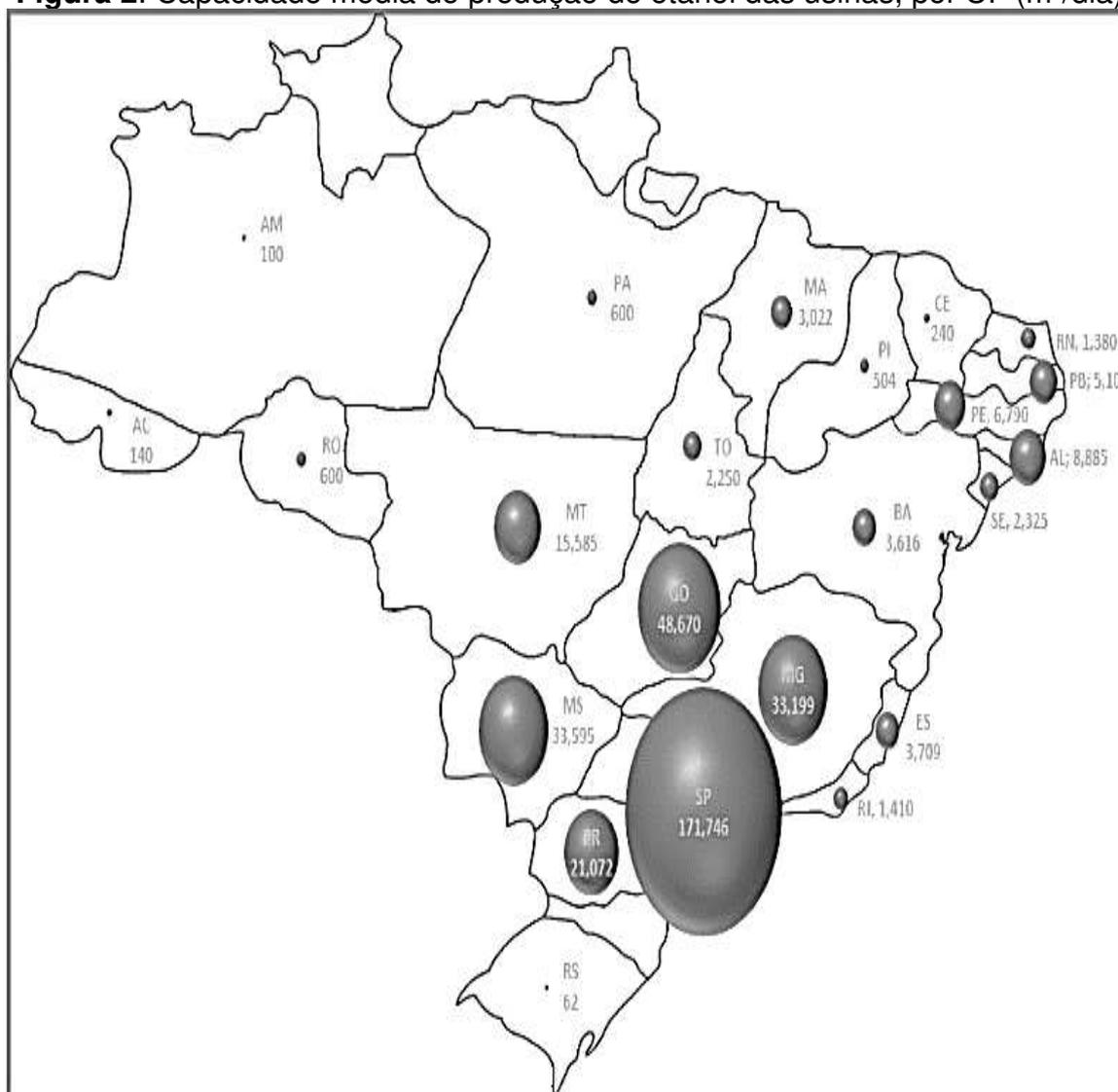
O aumento dos preços do petróleo junto com a forte demanda por fontes de energia limpas e renováveis aliado à intensa comercialização de carros flexfuel, criou um cenário bastante favorável à produção.

De acordo com dados da UNICA (2018), a produção sucroalcooleira nacional durante a safra 2015/2016 encontrava-se concentrada na região Centro-Sul (93%) e na região Nordeste com menor intensidade (7%). O estado de São Paulo é responsável por 48% do total de etanol produzido no Brasil, em seguida temos o

² O cálculo da eficiência do etanol perante a gasolina representa um valor médio e pode variar de acordo com o modelo do veículo, o valor de 70% é sugerido com base em análises do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA/USP (2017).

estado de Goiás responsável por 16%, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul detêm cada um 10% da produção total de etanol, Paraná (5%) e Mato Grosso (4%). A Figura 2 representa a capacidade de produção de etanol por Estado no Brasil de acordo com dados da NOVACANA (2018).

Figura 2. Capacidade média de produção de etanol das usinas, por UF (m³/dia)



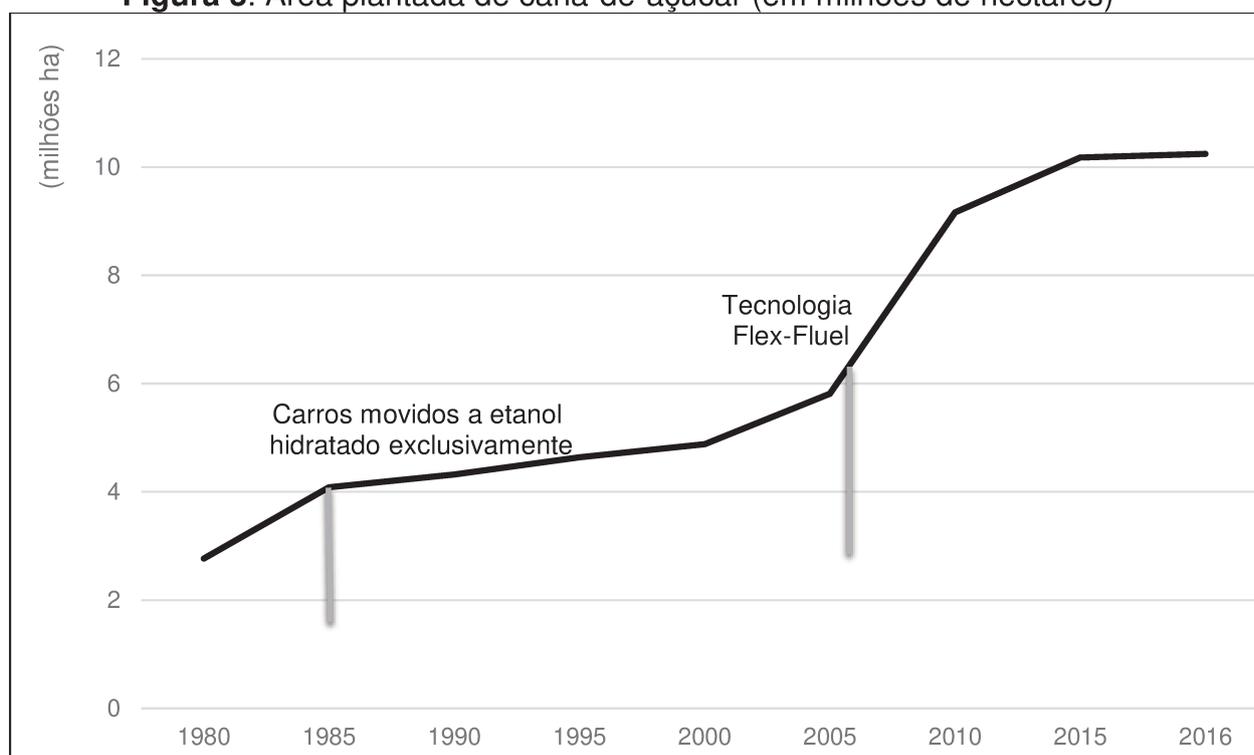
Fonte: NOVACANA (2018).

A área total plantada com a cana-de-açúcar tem avançado a cada safra. Na década de 1980 a cultura ocupava um território de cerca de 2,7 milhões de hectares, passando para 4,3 milhões de hectares em 1990 e chegando a 10,2 milhões de hectares no ano 2016. A Figura 3 mostra o avanço na área plantada desde a década de 1980, com destaque para dois momentos: a segunda fase do programa Proálcool onde houve a venda de carros com motores movidos 100% a etanol hidratado e o surgimento dos motores *flexfuel* no século XXI.

Entre o período de 2014 a 2016 devido a crise enfrentada pelo setor onde aproximadamente 13 usinas entraram em recuperação judicial e segundo estimativas da NOVACANA (2018) cerca de 60 usinas deixaram de moer cana nas últimas safras. As causas que determinam a crise vão desde a crise econômico/política enfrentada pelo país nos últimos anos até a falta de incentivos por parte do governo no setor.

O etanol brasileiro é produzido a partir da cana-de-açúcar, de acordo com Oliveira (2007), a cultura da cana-de-açúcar é permanente, ou seja, a cana da mesma planta pode ser colhida até cinco vezes e seu ciclo produtivo é maior que um ano. Geralmente as usinas renovam 20% do seu canavial por ano e a cada ano que se passa a cana vai ficando menos produtiva. A “cana de ano” é a colhida no primeiro ano e apresenta maiores níveis de ATR (açúcar total recuperado), a cana do segundo ano denomina-se cana-soca e do terceiro ano em diante, cana-ressoca.

Figura 3. Área plantada de cana-de-açúcar (em milhões de hectares)



Fonte: IBGE (2018).

O aumento da demanda pelo etanol tem impulsionado a expansão da fronteira da produção sucroalcooleira e neste processo alguns limitantes para o desenvolvimento da cadeia emergem. Dentre os principais entraves para o setor encontra-se a infraestrutura logística.

2. A Comercialização de etanol do Brasil

O desenvolvimento econômico implica na transformação das economias rurais em economias dinâmicas, industriais, gerando uma mudança na composição e organização das atividades comerciais agrícolas, usualmente traduzidas na forma de um maior grau de “especialização e eficiência”. Isto, em consequência, provoca uma maior demanda dos serviços da comercialização, tornando-os mais complexos (MENDES, 2007).

De acordo com Mendes (2007) o sistema de comercialização incide desde a existência de uma rodovia ou ferrovia, ao estabelecimento e funcionamento de um poder comprador, ou a instalação de uma planta agroindustrial ou de um centro de armazenamento.

A comercialização pode ser definida como a troca de bens e serviços entre agentes econômicos. Como fruto dessas trocas, os agentes efetuam as chamadas transações, as quais fundamentam o funcionamento do sistema econômico (ZYLBERSZTAJN, 2000).

Brandt (1980) afirma que o sistema de comercialização agrícola pode ser considerado como um mecanismo primário para a coordenação das atividades de produção, distribuição e consumo.

De acordo com Clarke (2005), o desempenho das exportações de um país é afetado diretamente pelas políticas comerciais adotadas, exemplificando: uma política comercial mais transparente poderia criar oportunidade de expansão das exportações brasileiras, assim como menores custos de exportação poderiam facilitar a entrada de pequenos e médios produtores rurais no mercado internacional (ALVES et al., 2008).

Segundo Zylbersztajn (2005), os contratos não se dão apenas na atividade de comercialização. O USDA estima que em 2001, 19.3% dos produtores faziam contratos de transporte, 69.6% faziam contratos de crédito e 41.7% realizavam algum tipo de contrato de produção e marketing.

A teoria econômica tem tratado o comércio internacional como importante instrumento para o desenvolvimento econômico. De acordo com Contini (2014), até 2004 o Brasil era considerado um país com economia fechada ao comércio internacional, porém desde 2011 as exportações totais brasileiras ultrapassam o valor

de US\$ 240 bilhões, sendo que só o agronegócio foi responsável por cerca de 40% das exportações nos últimos anos (BRASIL, 2014).

Acredita-se que com um mercado consumidor em crescente demanda e extremamente competitivo, a capacidade de ofertar etanol com grande eficiência e com redução de custos será um diferencial capaz de garantir competitividade entre os países produtores. Sendo assim, o efeito dos custos logísticos e das transações comerciais devem se tornar um ponto importante na discussão sobre o desempenho da economia nacional.

Por isso, identificar onde e como podem ser formados tais custos é de fundamental relevância e principalmente pelo aumento no nível de consumo interno e pela participação no comércio internacional que segue em ritmo ascendente de países como os Estados Unidos e a Holanda, elevando o número e a frequência das negociações e as possibilidades de elevação dos custos de comercialização.

2.1. Estrutura de mercado do setor de etanol

“O Brasil se caracteriza por um ambiente com firmas não homogêneas e unidades de produção apresentando estruturas gerenciais e resultados muito distintos umas das outras, o que faz surgir o questionamento sobre o nível de eficiência produtiva do setor sucroenergético para enfrentar os desafios que se apresentam e tendem a se tornar cada vez mais complexos (PEREIRA e SILVEIRA, 2016, p.1).”

Desde a desregulamentação dos mercados ocorrida no final da década de 1990 o *mix* de produção dos subprodutos da cana-de-açúcar passou a ser definida de acordo com as alterações nos preços relativos dos produtos. Há uma nova configuração na comercialização desses produtos uma vez que seus preços deixam de ser estabelecidos pelo governo e passam a ser determinados sob condições de concorrência (BOFF, 2001; MORAES, 2000)

A grande relevância do mercado de etanol hidratado para o Brasil justifica preocupações com a possibilidade de as empresas do setor terem poder suficiente para fixar seus preços, quando isso atinge o nível do varejo a preocupação é ainda maior, uma vez que há condições favoráveis para à formação de cartéis, principalmente em cidades de pequeno porte e onde há menor concorrência (SANTOS et al., 2015).

Segundo Santos et al. (2015) o setor varejista de combustíveis apresenta pré-condições para exercer poder de mercado, seja ela na forma unilateral (quando os postos de combustíveis conseguem diferenciar seus serviços por meio de localização, serviço de apoio, “bandeira” do distribuído, etc.) ou seja na forma de cooperação (concentração de mercado, a homogeneidade do produto e a similaridade entre as estruturas de custo das firmas concorrentes).

De acordo com Boff (2011) a mistura do etanol na gasolina que vêm sendo imposta por sucessivos governos é um fator que gera estabilidade nas produções de etanol, principalmente o anidro e no açúcar.

O *trade-off* entre a produção de açúcar ou etanol começa a afetar a indústria sucroalcooleira a partir de 2003, que deve escolher o *mix* de produção ideal, uma vez que parte da matéria-prima será desviada para a produção de etanol.

Enquanto o custo de produção de etanol for mais baixo que o da gasolina e a cotação internacional do açúcar estiver baixa, a moagem de cana será destinada para a produção de etanol. Para a safra 2018/2019 o *mix* de produção ficou em 65% para o etanol e 35% para o açúcar (UNICADA, 2018)

Além disso, o desenvolvimento bem-sucedido de novas tecnologias foi responsável pela rápida queda de seu preço, tornando o etanol economicamente competitivo com o petróleo. Concomitantemente, a legislação social e ambiental mais consistente com a necessidade do uso sustentável dos recursos naturais e das condições de bem-estar social foi introduzida nos níveis federal e estadual. Isso é importante, pois os biocombustíveis hoje são objeto de alguma controvérsia, principalmente com base em preocupações ambientais e sociais, e por seu uso como ferramenta de desenvolvimento econômico.

O advento da tecnologia flexfuel teve um papel importante na formação recente do setor, uma vez que impulsiona a demanda pelo combustível. A tecnologia flexfuel atrelada aos altos preços do petróleo e aos baixos preços do açúcar influenciam as usinas a dar preferência para o que gera maior receita. A literatura aponta que quando pensamos em formação do preço do etanol, os mercados de açúcar e a indústria petroleira estarão sempre interligados (FAO, 2008). Entre as culturas de amido e açúcar usadas atualmente para a produção comercial de etanol, a cana-de-açúcar brasileira apresenta os maiores retornos sobre o investimento em energia e o balanço de carbono mais favorável. De fato, o modelo brasileiro é

considerado por muitos como uma história de sucesso digna de emulação em todo o mundo.

Block et al. (2012) avaliaram o processo de transmissão de preço no mercado de etanol através da co-integração. O estudo concluiu que há relações de longo prazo entre os preços do açúcar e da cana-de-açúcar e que estes são influenciados pelo preço do etanol hidratado, mas que este último não é influenciado pelo preço dos demais produtos.

De acordo com Cardoso e Bittencourt (2012), o etanol só consegue competir com a gasolina nas proximidades dos grandes centros produtores, ou seja, a demanda é reprimida em alguns estados embora haja vários benefícios no consumo do etanol frente à gasolina. Além disso, o período de safra aumenta a competitividade do etanol o que lhe proporciona uma demanda sazonal – e seu preço é formado a partir da demanda (de fora para dentro).

No ano de 2013, o Brasil contava com cerca de 390 usinas em atividade, com capacidade de gerar mais de 27 bilhões de litros de etanol por safra. Dessas, 30% produziam apenas etanol, enquanto 34% delas produziam açúcar e etanol.

Há uma grande variação na forma como as usinas estão organizadas ao longo da cadeia produtiva, porém Lemos et al. (2015) os separa em três grupos:

- I. Produção própria de cana-de-açúcar, com integração vertical: em geral a empresa detém os ativos envolvidos no processo produtivo da matéria-prima e controla as relações de emprego;
- II. A usina estabelece contrato com fornecedores de modo a adquirir controle sobre a produção (preços, prazos, data da colheita, nível de qualidade do produto); e
- III. A usina opera no mercado *spot*: mercados instantâneos operados na bolsa de valores.

A agroindústria brasileira apresenta uma característica que é quase padrão: pouquíssimas usinas ainda detém os ativos exclusivamente. Normalmente a usina por mais familiar que seja tem a produção própria, mas adquire parte da matéria-prima de terceiros.

Como exemplos do tipo I de organização temos a Usina Lago Azul Ltda., localizada no município de Ipameri (GO), pertencente ao grupo Contijo, responsável por processar 346.739 toneladas de cana-de-açúcar por ano e não adquire matéria-prima de terceiros (POSTAL, 2014)

Como exemplo do tipo II de organização temos a Usina CRV Industrial Ltda. que opera no município Carmo do Rio Verde (GO) pertencente ao grupo G Cavalcante de Moraes que, embora adote uma gestão do tipo familiar, adquire 100% da matéria prima de terceiros. Exemplo diferenciado é encontrado na Usina Nova Gália localizada no município de Paraúna (GO), a qual não pertence a nenhum grande grupo de usinas, com administração familiar e 100% da cana-de-açúcar processada é adquirida de terceiros. Há casos também como a COSAN Centro-Oeste, localizada no município de Jataí (GO) que pertence ao maior conglomerado de usinas, a COSAN, possui um modelo de gestão estrangeiro e produz 58% da sua matéria prima e adquire de terceiros 42% (POSTAL, 2014).

Além dessa divisão de acordo com a estrutura produtiva há ainda as opções de negócios onde 40% do volume de produção de etanol é negociado via contrato e 60% é negociado no mercado *spot*, sendo que após a emissão da nota de compra e venda, o comprador tem 10 dias para quitar o débito.

Um movimento que não pode ser ignorado é a relativa transformação da estrutura de capital; com maior participação de estrangeiros. As fusões e aquisições e até a famosa *joint-venture* que deu vida ao grupo Raízen não atingem apenas a organização do sistema produtivo, mas também o de distribuição e de P&D, revelando novas oportunidades de negócios ao longo da cadeia que contam com a presença do capital estrangeiro (LEMOS et al., 2015)

Nastari (2010) divide a internacionalização do setor em três movimentos distintos. O primeiro se dá início em 2006 com um aumento substancial dos processos de fusão e aquisição, inicialmente em firmas de capital nacional. O segundo movimento surge em 2008 com novas empresas, incluindo as estrangeiras, que possuíam maior capacidade de comercialização de commodities e com maior participação no comércio estrangeiro – as *trading companies*. O terceiro movimento surge em 2010 e integra as grandes empresas de energia e petróleo, que passam a adquirir usinas e ampliam a atuação ao longo de toda cadeia produtiva.

Os grupos que tiveram maior envolvimento foram a Shell, BP e Bunge, que aproveitaram do cenário de endividamento vivido por diversas usinas e da promessa de uma retomada do consumo de etanol no mercado interno (BARROS; SCHUTTE; PINTO, 2012)

Segundo dados da ANP (2018) o mercado de etanol brasileiro encontra-se altamente concentrado, no primeiro trimestre de 2018 três grandes distribuidoras eram

responsáveis por 55% das vendas de etanol no país, foram os grupos Raízen, BR e Ipiranga. O *marketshare* das vendas de etanol está descrito no Quadro 1:

Quadro 1. Marketshare do setor de etanol em 2018

Distribuidoras	Participação
Raizen	20%
BR	18%
Ipiranga	17%
Petroball	6%
Gran Petro	4%
Petrozara	3%
Alesat	2%
Aspen	2%
Alpes	2%
Outras	24%

Fonte: ANP (2018)

Lemos et al. (2015) afirma que essa mudança na estrutura patrimonial e societária das usinas configura uma nova forma de organização do setor e as subdivide em quatro categorias:

- a) Grandes grupos, majoritariamente estrangeiros, que detêm acesso ao capital e representam 36% (ou mais) do setor;
- b) Grupos nacionais com bom desempenho econômico e com níveis não alarmantes de endividamento que representam 29% do setor;
- c) Grupos que se encontram em recuperação judicial, mas com boa alavancagem financeira³ que representam 16% do setor; e
- d) Grupos que não conseguirão se recuperar devido ao alto endividamento e precisam passar por processos de fusão ou aquisição, representando cerca de 18% do setor (esse número tende a diminuir conforme a movimentação do mercado de usinas).

³ Alavancagem financeira é a relação entre rentabilidade e endividamento.

Os grandes grupos são de fato mais competitivos e conseguem alcançar os melhores resultados, inclusive, por ter melhores técnicas de manejo e gestão do que as usinas familiares, porém essas mudanças no setor ocorreram de forma tão acentuadas, que acaba sendo complexo compreender todas as relações existentes na cadeia do etanol e quem são os verdadeiros protagonistas.

Não há de fato uma uniformidade no setor, há desde usinas centenárias com produção de açúcar e etanol, até novas unidades – os projetos *greenfields*, que tentam dar maior eficiência aos processos e se aventurar nas tecnologias 1,5G e 2G.

Quando comparamos os custos de produção do etanol brasileiro com nosso principal concorrente os Estados Unidos percebemos que o etanol hidratado (combustível) de cana-de-açúcar possui custos mais baixos de produção, custa cerca de USD 0,83 para se produzir um galão de etanol no Brasil, enquanto nos Estados Unidos, o etanol à base de milho apresenta custos de produção da ordem de USD 1,14 por galão (RFA, 2017)

Além disso, a produtividade da cana-de-açúcar é duas vezes maior para se produzir etanol do que a produtividade do milho, ainda que haja subsídios do governo americano para a sua cultura, seu custo de produção é maior do que o brasileiro. (RFA, 2017)

E quando pensamos em termos de redução de gases de efeito estufa, o etanol produzido a partir de cana-de-açúcar apresenta uma redução de 86% a 90% enquanto o etanol produzido a partir do milho promete uma redução de apenas 10% a 30%, colocando em risco as metas de redução de gases de efeito estufa do milênio (RFA, 2017)

A partir desses dados fica mais factível entender o porquê não há etanol combustível nas bombas de abastecimento nos Estados Unidos, embora haja maior investimento em políticas de energia e crédito fiscal nos Estados Unidos. O etanol de milho ainda precisa sofrer adaptações para funcionar em motores com tecnologia americana (por questões climáticas, etc), e por enquanto é mais adequado para fins de mistura à gasolina (E85), industriais e carburantes.

Serigati et al. (2012) analisaram o preço do etanol nos EUA e no Brasil e a possibilidade de os mercados serem cointegrados – existe um mercado internacional bem desenvolvido? Chegaram à conclusão de que o mercado brasileiro e o norte-americano embora sejam os maiores produtores da *commodity* ainda não são cointegrados.

De acordo com Nardy e Gurgel (2013) além da baixa produtividade industrial, o etanol norte-americano encontra na segurança alimentar grande obstáculo para sua consolidação, uma vez que o milho que poderia estar sendo utilizado para a alimentação, está sendo utilizado para a produção de energia.

Embora vários países já consigam obter etanol de diferentes fontes de matéria-prima, os países do hemisfério sul são mais propícios para a produção de etanol por possuírem maior disponibilidade de terra e climas e temperatura apropriados. Assim, o modelo ideal para o mercado de etanol seria aquele que favorecesse a produção no hemisfério sul e garantisse o mercado por parte do hemisfério norte.

2.2. Tarifas que incidem sobre o etanol

Além da demanda interna, o etanol se faz necessário para suprir a demanda internacional dos Estados Unidos, Índia, Canadá, China, Japão, Tailândia e a União Europeia de etanol anidro para mistura à gasolina, uma vez que esses países implementaram políticas de energias renováveis (MUSSATTO et al., 2010).

No entanto, para o caso do etanol, a aplicação de subsídios à produção não é eficiente, pois destorce a lógica do comércio internacional sobre as vantagens comparativas em conjunto com a aplicação de tarifas (CANUTO, 2007)

Um relatório do Banco Mundial que retrata o desenvolvimento mundial afirma que a produção de biocombustíveis nos países industrializados vem se desenvolvendo num contexto de altos impostos protecionistas e com grandes subsídios, prejudicando os países em desenvolvimento que poderiam ser eficientes em novos e lucrativos mercados de exportação (CANUTO, 2007). De acordo com Nardy e Gurgel (2013) o mercado mundial de etanol ainda é muito protegido por políticas de comércio internacional que impedem maior fluxo de comércio.

O resultado dessa forma de organização são diferentes mercados regionais, sem grande interação entre eles, com a tendência de mercados mais fechados. Medidas protecionistas como essas podem impulsionar a produção local, porém, há o risco de a produção interna ser inferior à demanda potencial, que é o que observamos no mercado interno brasileiro, onde mais de 90% da produção de etanol está concentrada na região Centro-Sul e há a demanda interna das demais unidades da federação.

No caso do comércio internacional, uma economia fechada poderia agravar ainda mais a situação visto que boa parte dos países interessados na mistura etanol-gasolina possuem uma capacidade de produção doméstica ínfima e que não supre sua necessidade, sendo que no curto prazo, a única alternativa que resta para viabilizar as políticas de ampliação da utilização de biocombustíveis é a importação de etanol (ZAH e RUDDY, 2009).

Além disso, Howse et al., 2006 afirmam que tarifas e subsídios podem favorecer produções menos eficientes ou prejudicarem sistemas mais produtivos. Nos Estados Unidos, por exemplo, há uma isenção fiscal da ordem de US\$ 0,46 (RFA, 2017) por galão de etanol produzido e há uma tarifa de importação (*ad valorem*) de 2,5% sob etanol importado. Como vimos anteriormente o etanol americano apresenta custos de produção maiores que o brasileiro e um ganho ambiental⁴ menor e sua produtividade representa metade da produtividade do etanol de cana-de-açúcar e, ainda assim, é mais competitivo que o etanol nacional, pois conta com uma sólida política de crédito fiscal.

Essa distorção no mercado já era prevista por Krugman e Obstfeld (2005) que afirmam que a cobrança de tarifas de importação resulta em perdas de eficiência do lado da produção e do consumo, uma vez que haveria redução da quantidade demandada. Em contrapartida, a restrição ao comércio entre diferentes regiões acaba por reduzir os preços do bem na região exportadora, ou seja, o produto local se valoriza frente ao produto importado, desde que a região importadora seja grande o suficiente para influenciar os preços.

Além das tarifas de importação, existem outras maneiras de dificultar a exportação do etanol brasileiro para outros países. É o caso das barreiras não tarifárias, um exemplo disso é a especificação técnica do etanol, que para exportação não é homogêneo e acaba dificultando e encarecendo os custos das transações comerciais internacionais.

Uma estratégia que vêm sendo discutida desde os anos 1947 através do Acordo Geral de Tarifas Aduaneiras e Comércio (GATT, 1986) é de diminuir as barreiras comerciais como forma de se estimular o comércio.

Em 1995, como resultada de uma Rodada no Uruguai do GATT foi criada a Organização Mundial do Comércio (OMC) que além de regular o comércio de

⁴ Ver Zilberman et al. (2013)

mercadorias, passou a atuar sobre o comércio de serviços e de propriedade intelectual (Souza, 2011).

A OMC foi responsável por criar o Sistema Harmonizado (SH) com base numa classificação de mercadorias de acordo com um sistema de código de 6 dígitos aceitos por todos os países participantes. Além disso os países participantes podem estabelecer suas próprias classificações de mais de 6 dígitos para fins tributários (WTO, 2018).

O SH se configura da seguinte maneira: os dois primeiros dígitos representam o capítulo, os dígitos 3 e 4 representam a posição dentro do capítulo e os dois últimos dígitos representam a subposição (WTO, 2018).

No Mercosul, desde 1995, foi adicionado ao SH 2 dígitos para os países que compõem o MERCOSUL, e criado então o NCM. Para o etanol o NCM adotado pega a faixa que vai do 22071000 (Álcool etílico não desnaturado, com volume de teor alcoólico $\geq 80\%$) até 22072019 (Outro álcool etílico desnaturado).

Em relação aos tributos que incidem sobre o etanol existem tributos que incidem na produção e aqueles que são aplicados na comercialização, nessa tese apenas o segundo grupo será analisado.

Para a comercialização de etanol a Agência Nacional de Petróleo (ANP) deverá gerar para o fornecedor o Certificado de Cadastramento de Fornecedor de Etanol Combustível para fins Automotivos, e após a emissão deste documento é o fornecedor pode dar início as vendas.

A partir de 2006 cabe ao fornecedor entregar à ANP um documento com os dados estabelecidos contratualmente de comercialização, o fornecedor deve arquivar as notas fiscais relativas à venda e, obrigatoriamente, utilizar o lacre do compartimento do veículo utilizado para o transporte do etanol combustível (LIMA et al., 2014).

Os tributos que incidem sobre o etanol hidratado são o PIS (Programas de Integração Social) e COFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) e o ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços). Para o etanol anidro é o mesmo esquema, porém, o ICMS é transferido para gasolina A, ou seja, a carga tributada é toda transferida para a Petrobrás. (LIMA et al., 2014).

De acordo com Lima et al., (2014) em 2008 houve uma série de mudanças na legislação em relação à cobrança do PIS e COFINS para as distribuidoras:

- a) As alíquotas que antes eram “ad valorem” (percentual sobre o preço) passam a ter um valor fixo “ad rem” (ou seja, em R\$/Litro). As alíquotas que antes eram “cumulativas” (sem direito a crédito) agora têm direito à crédito e passam a ser “não cumulativas”;
- b) As distribuidoras passaram a ter o direito de opção entre serem tributados pelas alíquotas “ad valorem” ou “ad rem”. Como as alíquotas “ad rem” são mais vantajosas, todos os contribuintes optaram por elas; e
- c) Etanol exportado para outros fins não tem incidência de PIS/COFINS

As alíquotas fixas “ad rem” da contribuição para o PIS que incidem sobre o etanol hidratado é da ordem de R\$ 21,43 e para o COFINS é da ordem de R\$ 98,57 por metro cúbico de etanol para as vendas realizadas por distribuidora. Em 2018 surgiu a possibilidade da venda direta pelo produtor, nesse caso o PIS cobrado seria de R\$8,57 e o COFINS R\$39,43 por metro cúbico de etanol.

Com relação ao ICMS, a tributação é estadual e a alíquota varia de estado para estado, porém de acordo com o SINDICOM (2016), para as vendas dentro do estado as alíquotas podem variar entre 12% e 18%, já para as vendas interestaduais varia entre 7% a 12%, e para a exportação não há a incidência do ICMS.

As tarifas que foram consideradas para esse estudo no mercado internacional foram: frete rodoviário da região de origem até o Porto de Santos (SIFRECA, 2018), frete marítimo (OCDE, 2018), Tarifa de Importação (*ad valorem*) para cada país de destino. As tarifas de importação de etanol estão apresentadas abaixo:

Tabela 1. Tarifa de importação de etanol por país em 2016 (*ad-valorem*)

País	Tarifa de Importação
Estados Unidos	2,5%
Holanda	27%
Coréia	15%
Resto do Mundo	17%

Fonte: USDA (2017)

Nesse contexto, percebemos que a definição da tarifa de importação acaba por impactar de forma diferente de acordo com país parceiro comercial. Tanto que os Estados Unidos, para o mercado de etanol é o nosso principal parceiro comercial e apresenta a menor tarifa de importação. Portanto, nessa tese uma análise de

sensibilidade que permite dar choques nos custos, inclusive nas tarifas de importação, se faz necessária.

3. Logística do etanol no Brasil

Segundo Faria e Costa (2007), as variáveis que compõe os custos logísticos podem ser apuradas a partir da somatória dos elementos individuais: custo de armazenagem e movimentação de materiais, custo de transporte, incluindo todos os modais ou operações intermodais, custos de embalagens utilizadas no sistema logístico, custo de manutenção de inventários, custos decorrentes de lotes, custos tributários, custos decorrentes do nível de serviço e custos da administração logística.

Devido à inexistência de manuais os custos necessitam ser avaliados de acordo com as situações nas quais são aplicados e na forma apropriada a cada problema específico (MAGEE, 1977).

A distribuição geográfica entre a produção e a infraestrutura de estocagem difere de forma a elevar os valores de frete já que muitas vezes as cargas viajam o país todo para chegar ao local de destino. Além disso, a área plantada das culturas varia a cada ano, algumas vezes sendo realocadas para áreas com condições climáticas mais adequadas.

É sabido que no Brasil as alternativas viáveis para o escoamento das cargas agrícolas da origem até o porto são relativamente reduzidas. Assim, é vital o conhecimento da estrutura logística e a identificação dos custos envolvidos na movimentação dos produtos, para, em seguida, quantificá-los e propor soluções que minimizem seus custos e perdas de produtos (KUSSANO e BATALHA, 2012).

Os custos logísticos podem comprometer uma parte relevante dos custos do negócio, dependendo do modelo de gestão e do tipo de negócio. Engblom et al. (2012) afirmam que os custos logísticos em economias desenvolvidas tendem a ser pelo menos 10% dos custos totais. A situação se agrava quando o produto em questão é uma commodity e apresenta baixo valor agregado, como é o caso dos produtos agrícolas.

Campenhout (2007) afirma que uma série de fatores influenciam os custos logísticos e cita alguns: passagens em alfândega, condições da via, tráfego ruim, número de paradas para controle policial, subornos e até mesmo o custo de vida do

motorista. Esses custos que são de difícil mensuração incidem sobre o preço final do produto.

3.1. Logística de etanol no mercado interno

Com a abertura comercial na década de 1990, as intervenções do estado tornaram-se mais discretas, mas não perderam sua importância. Houve um movimento de afunilamento onde a logística, os incentivos fiscais e políticas de expansão da demanda e da pesquisa tecnológica do setor se beneficiaram (CAMELINI E CASTILLO, 2012).

Em condições ideais Szmrecsanyi e Moreira (1991) apontam que a distância entre o ponto de colheita de matéria-prima e o centro de moagem não deve superar 40 quilômetros, o que causou a substituição de outras atividades, como as culturas da soja e da laranja, de pastagens, por cana-de-açúcar.

A produção de cana-de-açúcar, assim como as usinas, está localizada majoritariamente no estado de São Paulo, onde de acordo com dados da ANP (2017), em 2016 cerca de 57% do que foi produzido de etanol no estado de São Paulo foi consumido internamente. Quando se fala de infraestrutura logística, o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) aponta o sistema de transporte paulista como tendo melhores condições para atender a distribuição de produtos do que os demais estados.

Por um lado, é no estado de São Paulo que estão localizadas as melhores rodovias do país, por outro lado, também são as rodovias que mais foram concedidas a administradoras privadas e contam com um grande número de praças de pedágio, apresentando um verdadeiro *trade-off* entre as melhores condições de vias versus as vias mais caras de se trafegar.

O transporte de etanol no Brasil é majoritariamente realizado pelo modal rodoviário e chega a percorrer rotas de mais de 1400 km como é o exemplo do município Caçu em Goiás que está localizado a 1476 km de distância até a base de distribuição em Paulínia (SP). A literatura aponta que o modal rodoviário só é competitivo para pequenas distâncias – as pontas rodoviárias – mas devido à disposição do sistema logístico brasileiro, a realidade enfrentada pelos transportadores é bem diferente (MILANEZ, 2002).

Segundo dados do CNT (2018) dos mais de 1,72 milhões quilômetros avaliados, apenas 12,4% são rodovias pavimentadas, destas 3% são rodovias

federais e 70% são rodovias estaduais. O relatório também aponta para um outro problema sério que dentre as rodovias federais que estão pavimentadas, quase 90% são pista simples, ou seja, rodovias federais pavimentadas e duplicadas somam apenas 6.407 km num país com dimensões continentais.

Quando se analisa os custos unitários de transporte (R\$/m³) para os modais, o transporte rodoviário apresenta altos custos, porém é a modalidade que mais recebe investimento em infraestrutura no Brasil. A Tabela 2 apresenta as principais características dos modais de transporte de etanol.

Tabela 2. Características dos modais para transporte de etanol

	Rodoviário	Ferrovário	Hidroviário	Dutoviário
Custo de Transporte	+	-	-	-
Capacidade	-	+	+	+
Velocidade	+	+	-	-
Disponibilidade	+	-	-	-
Investimento em Infraestrutura	+	-	-	-

Fonte: Baseado em Fleury (2010).

As principais dificuldades encontradas quando se fala no modal ferroviário é o sucateamento da malha ferroviária, a baixa disponibilidade de vagões tanques e que, para se utilizar a ferrovia é necessário ter altas quantidades para movimentar (lotes) e a maior parte das distribuidoras compram etanol no mercado *spot*, dificultando a movimentação de grandes fluxos com destino ao mercado interno.

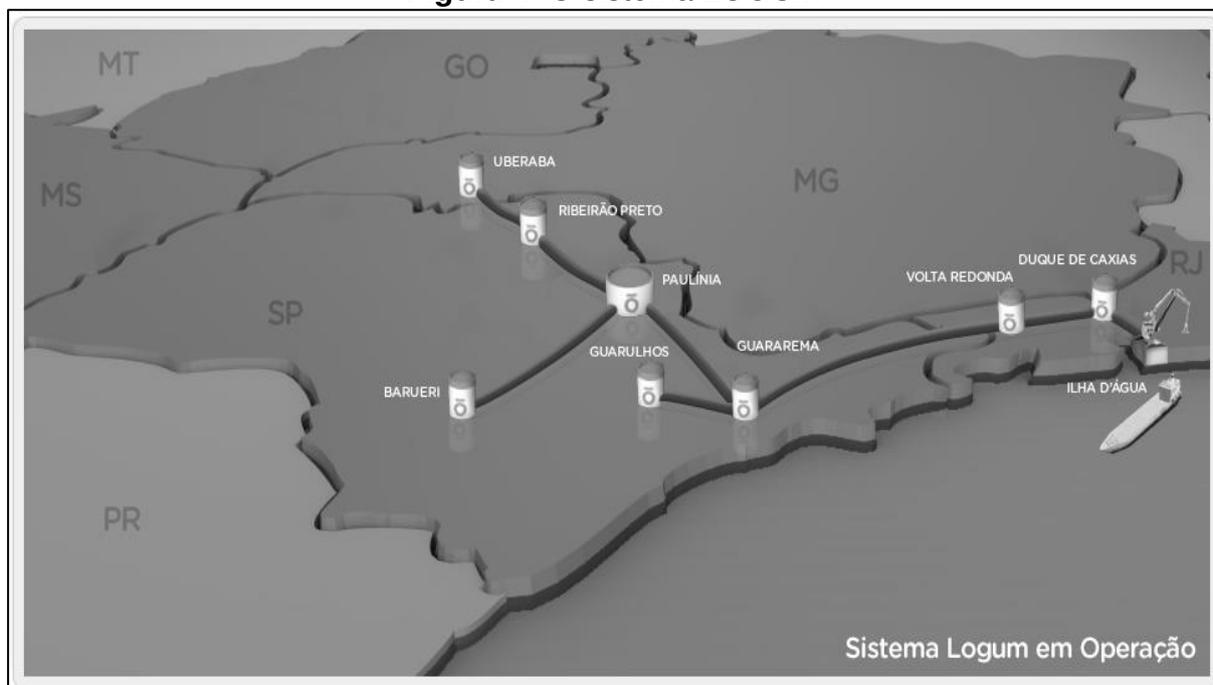
O maior limitante da hidrovía, seja para o etanol ou para qualquer produto é a disponibilidade hídrica, que fica dependendo de condições climáticas. A exemplo disso pode-se observar o ano de 2015, a produção localizada no Sudeste não pode ser transportada pela hidrovía Tietê-Paraná pois a mesma não ficou navegável o ano todo. Além disso há uma indisposição em relação ao calado das hidrovias, que apresentam diferentes tamanhos e profundidades, logo, uma hidrovía não está completamente conectada à outra e uma operação de transposição se faz necessária – comprometendo o *transit time*.

A iniciativa privada tem realizado importantes investimentos no que se diz respeito ao transporte de etanol por dutos. O Sistema Logístico Multimodal de Etanol está baseado na criação de corredores de transporte dutoviário e hidroviário de etanol.

O etanol é captado em terminais e transportado por dutos que interligam as principais regiões produtoras do país aos grandes centros de consumo. Além da redução dos custos logísticos em todo o processo, o sistema apresenta benefícios econômicos e ambientais e contribui para a redução do impacto do tráfego rodoviário nos grandes centros urbanos.

O Sistema Logum já opera desde 2013 atendendo o mercado consumidor das Regiões de Campinas, Grande São Paulo e Rio de Janeiro, além de oferecer a opção da operação de cabotagem para as Regiões Norte e Nordeste, bem como operações de exportação, através do serviço de carregamento de navios no Terminal portuário da Ilha D'água/RJ (LOGUM, 2018). A Figura 4 mostra os terminais, dutos e regiões onde a Logum já está operando.

Figura 4. O sistema LOGUM



Fonte: LOGUM (2018).

O avanço da fronteira agrícola para a região Centro-Oeste e Nordeste faz com que a produção de etanol fique distante dos maiores centros consumidores, que estão localizados próximos do litoral do país por razões históricas e econômicas, sendo a cabotagem⁵ uma alternativa logística que para o etanol ainda é pouco

⁵ A navegação de cabotagem é aquela realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores (BRASIL, 1997).

praticada, mas que pode garantir o abastecimento em regiões que estão geograficamente distantes.

O sistema de distribuição de combustíveis no Brasil é uma herança histórica que vem desde a instalação da primeira distribuidora de combustíveis, a Esso em 1912, que segundo o decreto 9.335 conseguiu autorização para comercializar gasolina, querosene e lubrificantes. Esse período foi marcado também pela liberação de recursos para a criação das escolas agrícolas e a construção de novas rodovias (SINDICOM, 2010).

O abastecimento nacional de combustíveis é declarado como de utilidade pública segundo a legislação brasileira e, portanto, cabe à ANP garantir ao consumidor a qualidade e o abastecimento de combustíveis em todo território nacional.

A fiscalização ocorre em diversas etapas da cadeia do etanol começando nas usinas produtoras até chegar ao ponto de abastecimento do consumidor final. Desde 2011 o etanol comercializado no Brasil deve ser certificado por meio da emissão de Certificado de Qualidade, no caso, o fornecedor ou importador de etanol deve manter uma “amostra-testemunha” referente ao lote e o Certificado de Qualidade à disposição da ANP para a realização do controle de qualidade⁶. Além disso, como forma de controle de qualidade são enviados mensalmente à ANP os resultados das análises e toda documentação fiscal emitida pelo fornecedor (ANP, 2018).

O distribuidor de combustíveis de etanol hidratado fica responsável por emitir o Boletim de Conformidade para garantir a qualidade do combustível antes da entrega aos postos revendedores e além disso, é responsável por misturar o etanol anidro à gasolina Tipo A. O revendedor deve analisar o etanol combustível entregue pelo distribuidor e realizar os seguintes testes: aspecto, densidade e teor alcoólico.

De acordo com Figueiredo (2005) o sistema de distribuição de combustíveis no Brasil pode ser dividido em três fluxos: fluxo primário, fluxo de transferência e fluxo de entrega. O fluxo primário é onde o etanol deixa as usinas para ser transportado para bases primárias ou secundárias⁷, esse transporte é feito normalmente pelo modal rodoviário ou ferroviário.

⁶ Resolução ANP nº7 do ano de 2011.

⁷ A principal diferença entre base primária e secundária é em relação ao porte de estocagem e a proximidade com os mercados consumidores finais (MITSUTANI, 2010).

As empresas que operam as instalações e oferecem os serviços de transporte são denominados “transportadores”, se essas instalações forem compostas por dutos, são chamadas de “transportadores dutoviários”, como é o caso da empresa Logum que transporta etanol através de um sistema intermodal. Já as empresas que operam nos terminais, nas bases primárias e secundárias e realizam operações de recebimento, expedição e tancagem de etanol para terceiros são chamados de “operadores de terminal”.

Os biocombustíveis líquidos, como o etanol. Depois de produzidos nas usinas de sucroalcooleiras são transportadas pelos produtores para as distribuidoras em suas bases ou entregue em terminais para posteriormente serem entregues às distribuidoras ou exportados.

No Brasil não é permitido praticar a venda direta de etanol para o posto de distribuição, sendo a ANP responsável pela regulamentação e fiscalização do produto. Segundo a ANP (2018), não existe gargalos regulatórios que impeçam a liberação da venda direta de etanol das usinas para os revendedores, restando a questão tributária do Pis/Cofins e do ICMS.

O fluxo de etanol se inicia na usina produtora onde a tancagem deve ocorrer de acordo com as especificações da ANP, assim como o transporte até o centro coletor ou a base primária, caso contrário o produto é devolvido. Alguns dos motivos mais comuns para autuação e interdições por parte da ANP para a fase de produção e transporte de etanol segundo a edição nº 14 do Boletim Fiscalização do Abastecimento são: equipamentos ausentes ou em desacordo com a legislação, não atender às normas de segurança e problemas com a condutividade elétrica.

Os problemas de fiscalização mais ocorrentes no processo de comercialização apontados no boletim são referentes à não prestação de informações ao consumidor; bomba medidora com vício de quantidade; comercializar ou armazenar produto não conforme com a especificação; comercializar com vício de quantidade e exercer atividade regulada sem autorização.

O fluxo de transferência ocorre quando existe um fluxo entre as bases primárias e secundárias, isso significa que o estoque de etanol está chegando mais próximo do seu consumidor final. Assim como o fluxo primário, usualmente os modais utilizados para o transporte desse fluxo é o rodoviário e ferroviário.

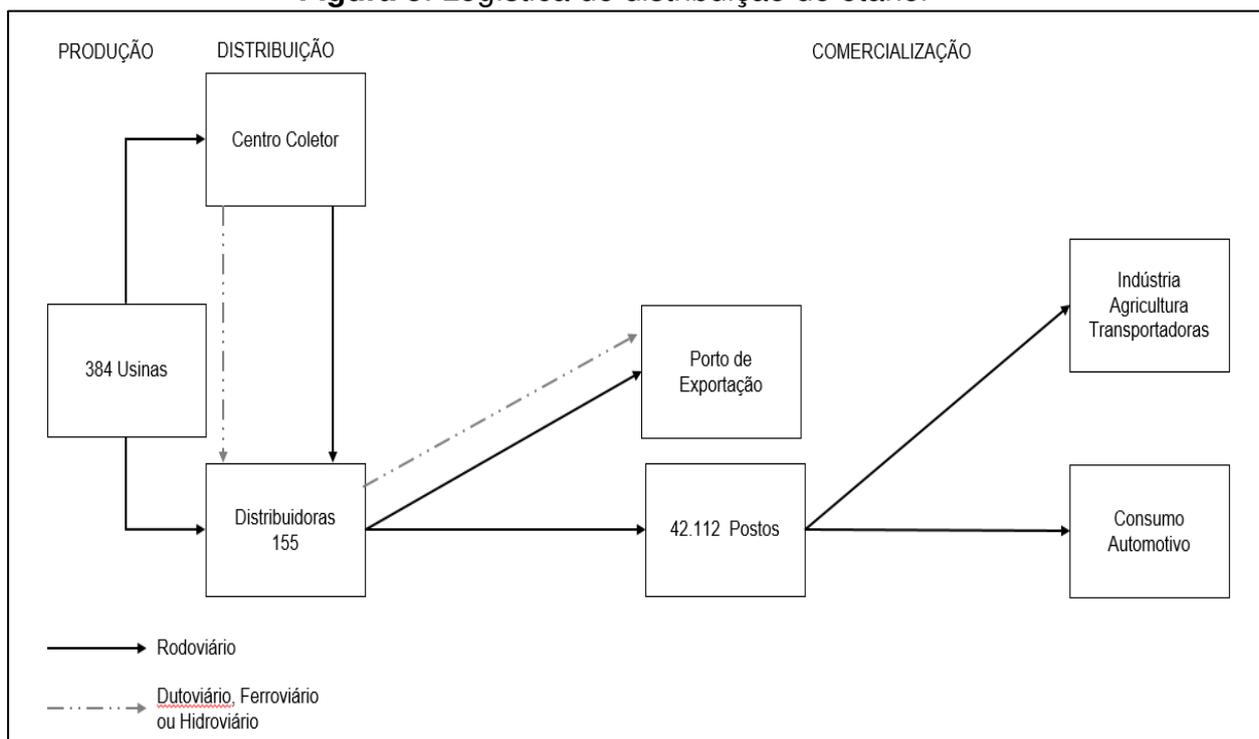
O fluxo de entrega se realiza quando há o transporte entre as bases primárias ou se secundárias para clientes próximos aos mercados consumidores que

podem ser os portos de exportação, os postos de abastecimento ou ainda os TRR (Transportadores Revendedores Retalhistas). Devido à pulverização dos pontos finais e pequenos volumes transportados o modal utilizado para essa operação é o rodoviário.

De acordo com o SINDICOM (2019) no Brasil existem atualmente 384 usinas de etanol, 155 empresas distribuidoras, 42.112 postos de abastecimento sendo 66% com bandeira e 375 TRR. Quando se analisa a participação de mercado por distribuidora de etanol obtivemos os seguintes dados em 2017: 20% é comercializado pela Raízen, 18% pela BR e 17% pela Ipiranga e 45% por outras.

Segundo dados do Abeagás (2017) 99,2% do etanol hidratado é comercializado em postos revendedores, 0,8% é vendido para grandes consumidores e não existe a atuação de TRRs no segmento de etanol. A Figura 5 apresenta como pode ser feita a configuração do transporte de etanol.

Figura 5. Logística de distribuição de etanol



Fonte: Adaptado de Oliveira (2015) e Sindicom (2017).

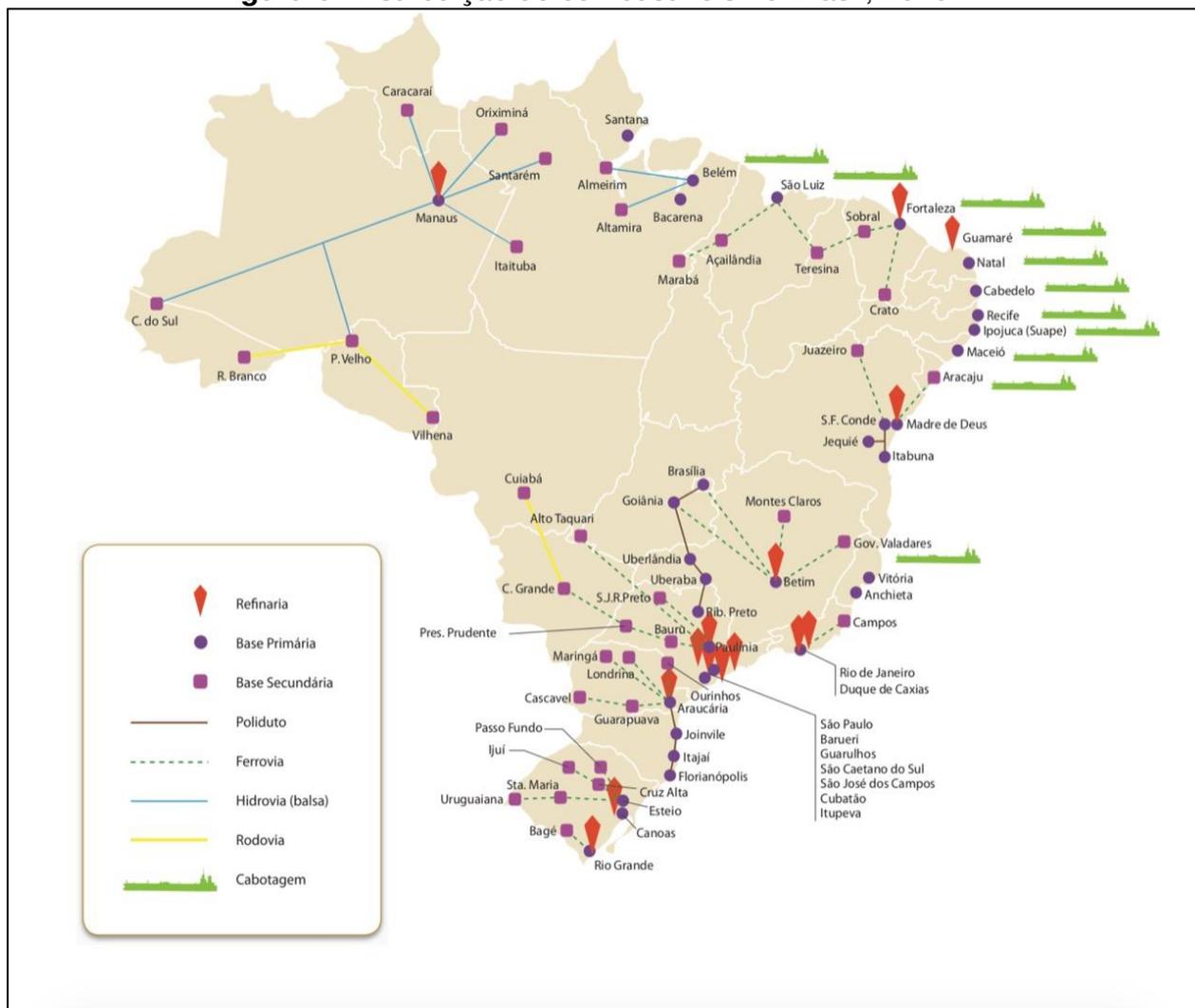
O etanol hidratado que vinha num ritmo de crescimento nas vendas, entrou em queda desde 2015. A participação do etanol hidratado nos automotores caiu de 24,5% em 2016, para 22,8%, em 2017.

Em relação à paridade do desempenho do etanol hidratado perante a gasolina tipo C, dados da ANP (2017) indicam que em 2016 o etanol só foi competitivo durante os meses de maio a outubro nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e São Paulo, geograficamente são as regiões produtoras de etanol e o período coincide com o período de safra.

A logística de combustíveis requer um planejamento específico para a escolha do modal de transporte, antes de mais nada, por ser carga perigosa. Existem várias formas de se definir qual o melhor modal, levando-se em consideração n variáveis, mas o modelo mais sintético e apresentado por Figueiredo (2005) é a distância e o volume. Com essas duas variáveis é possível logo no pedido do serviço eliminar modais que não atendem essas exigências. Além disso, o local de origem da carga e o local do destino pode ser responsável pela decisão final, isso porque não existem no sistema nacional de transporte muitas opções para que se possa escolher diferentes modais, diferentes rotas sim, mas os modais sofrem com limitações.

A Figura 6 representa o Sistema Nacional de Transporte de Combustíveis. Nele estão excluídas as ferrovias que não transportam combustíveis e ainda não está incorporado o sistema Logum. Pode-se observar facilmente o potencial da cabotagem para o transporte de combustíveis e que não é atualmente aproveitado.

Conforme foi visto até o momento, o modal rodoviário está sobrecarregado enquanto as demais modalidades são pouco exploradas. Contudo, a malha ferroviária, dutoviária e aquaviária disponíveis no Brasil para o transporte de combustíveis são insuficientes caso tenha necessidade de fazer um fluxo de transferência para uma região mais remota ou interiorana. Além disso, os modais não estão interligados o que demanda investimentos em novas instalações e terminais de transbordo para que assim possamos usar com eficiência a intermodalidade.

Figura 6. Distribuição de combustíveis no Brasil, 2010

Fonte: SINDICOM (2010).

3.2. Logística de etanol para exportação

Quando se fala em abastecimento de etanol, um recorte que é comumente usado é a divisão entre a logística do mercado interno e logística para exportação. A grande diferença é o fluxo logístico com destino a exportação tem como destino final os portos marítimos. Neste caso, para a exportação via contêiner marítimo é esperado que haja ganhos de escala na quantidade, e como já discutido anteriormente, a maior parte do etanol é transportado através do modal rodoviário, ou seja, se faz necessário muitos caminhões tanque para carregar um container.

Segundo dados da ÚNICA (2017), mais de 90% do etanol com destino a exportação tem como ponto de saída o Porto de Santos, em segunda posição temos o Porto de Paraná. Essa concentra o em apenas dois pontos para escoar a

exportação acaba sendo um limitante quando pensamos que há produção de etanol também nos estados do Centro-Oeste e Nordeste.

Os dados da safra 2015/2016 mostram que apenas 7% da produção nacional de etanol foi destinada à exportação, enquanto o mercado interno absorveu 93% da produção. Nas duas safras seguintes a participação do Brasil no mercado externo foi ainda menor, o fluxo destinado à exportação foi de 5% enquanto o mercado interno absorveu 95% da produção de etanol (ÚNICA, 2017).

Como exposto anteriormente o modelo de abastecimento de etanol é herança do modelo dos demais combustíveis, e por isso, a Petrobrás ocupa um papel primordial na logística de etanol. Isso porque ela cumpre a função de operador logístico, desenvolvendo e investindo em unidades de armazenamento além de fazer o papel de *trader* viabilizando a exportação (MITZUTANI, 2010).

Quando se fala em transporte de *commodities* líquidas e gasosos para grandes distâncias, Rejowski (2007) afirma que a utilização de dutos é o modo mais eficaz de transporte de fluídos líquidos, principalmente porque envolve uma grande complexidade na operação.

No Brasil há os dutos da Petrobrás que transportam essencialmente os derivados de petróleo, há dutos para minérios, dutos para gás natural e mais atualmente com o Sistema Logum, dutos exclusivos para o transporte de etanol, porém o foco do Sistema Logum é abastecer os grandes centros, ou seja, o mercado interno, sendo assim, o Sistema Logum não chega até o Porto de Santos.

Em 2018, seguindo uma exigência do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) que financia o Sistema Logum, a Odebrecht Transport Participações e a Camargo Corrêa, que tinham 20,77% e 10% de participação, respectivamente, deixaram o quadro de acionistas da empresa e suas ações foram vendidas para a Raízen, a Copersucar e a Petrobras, depois de 3 anos que o projeto estava parado. O CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica) permitiu a continuidade do traçado da malha logística de distribuição e até 2022, o Sistema Logum levará o duto de Guarulhos a São Caetano do Sul e São José dos Campos. A empresa ainda não conseguiu obter a outorga de autorização para a construção de dutos até o Porto de Santos (ANP, 2018).

Com relação ao local de chegada, os portos marítimos no Brasil têm recebido grandes investimentos da iniciativa privada que cada vez mais investem em terminais próprios. Para o caso do etanol temos o TEAS (Terminal Exportador de

Álcool de Santos S/A), esse terminal é resultado de uma parceria entre Cosan Crystalsev, grupo Nova América e Cargill na administração de um Terminal específico e dedicado para exportação de etanol.

Esse terminal foi um passo importante na logística de exportação de etanol, uma vez que é o primeiro terminal dedicado ao etanol na região Centro-Sul do país. O TEAS antes era propriedade da Raízen e foi vendido para a realização da parceria.

A saída que podemos apontar enquanto os dutos com destino à Santos não ficam prontos ainda é a realização da cabotagem de um porto a outro aproveitando o terminal da Logum em Ilha D'água (RJ). A cabotagem é famosa por transportar sal de um porto a outro, mas consiste basicamente em ir margeando a costa brasileira sem navegar em alto mar e fazer a movimentação da carga entre diferentes terminais.

4. Metodologia

A sessão metodologia busca apresentar os modelos de equilíbrio espacial proposto por Samuelson (1952), Alvim (2003) e Oliveira (2011). Apresentamos no item 4.1. os modelos de equilíbrio espacial, no item 4.2. é demonstrado o PCM, no item 4.3. é realizada a aplicação do modelo para a comercialização do etanol e a calibração do modelo, onde é feita sua validação e no item 4.4. é feita a descrição dos dados utilizados no modelo.

4.1 Modelos de equilíbrio espacial a partir de Samuelson (1952)

Segundo Alvim (2003), a escolha do modelo utilizado depende do objetivo e das questões a serem respondidas pelos estudos, e ainda, das informações disponíveis para o desenvolvimento do modelo.

Como visto em Enke (1951) se há várias regiões comercializando um produto homogêneo e cada região possui um mercado distinto, as regiões estão separadas entre si, mas não isoladas. Para cada região são conhecidas as funções de produção local, preço local e conseqüentemente a diferença entre o que é “exportado” e o que é “importado” para cada região.

Os modelos de equilíbrio parcial elegem um setor ou produto (apesar de poder ser expandido para multiprodutos) a ser analisado e examinam os efeitos de uma variação (exógena) do preço relativo sobre o equilíbrio do setor, supondo que a alocação no resto da economia permanece inalterada (ALVIM, 2003; CAVALCANTE e MERCENIER, 1999).

Portanto, no modelo de equilíbrio parcial, analisam-se os efeitos diretos de qualquer política de comércio sobre um determinado mercado. Tal abordagem permite uma avaliação bastante detalhada do setor estudado. Conforme Alvim (2003), esta abordagem tem por objetivo resolver os problemas de comércio entre diferentes regiões, que apresentam ofertas, demandas e fluxos comerciais distintos, separadas espacialmente. Esses modelos também são conhecidos como modelos de equilíbrio espacial.

Os modelos de equilíbrio espacial, que utilizam ferramentas de programação quadrática, têm sido usados pela economia agrícola para simular o impacto de novas medidas sobre o setor, além das mudanças nas políticas de

transportes. Usualmente, esses modelos assumem restrições de preços e quantidades, e dessa forma ignoram as inter-relações dos preços agregados e quantidades. Entretanto, as análises econômicas que reconhecem a interação preço-quantidade podem ser usadas para análise espacial e problemas de equilíbrio intertemporal (FELLIN, 1993).

Samuelson (1952) foi o primeiro a demonstrar como os problemas de equilíbrio espacial entre diferentes mercados podem ser resolvidos através de programação matemática. Ele procede com a descrição do problema de dois mercados espacialmente separados em uma economia não-normativa em um programa matemático de maximização. Samuelson formulou o problema como sendo uma área de maximização sob todas as curvas de excesso de demanda menos a área de todas as curvas de excesso de suprimento, menos o total de custos de transporte. A maximização de todas estas áreas resulta numa solução competitiva de equilíbrio espacial, isto é, baseando nas áreas resultantes da intersecção das curvas destas três variáveis. De forma simplificada Samuelson (1952) propõe um modelo de equilíbrio através da programação linear utilizando os excedentes dos produtores e os excedentes de consumo menos os custos com transporte.

Takayama e Judge (1971) a partir da formulação de Samuelson desenvolveram um modelo que buscava solucionar as condições de equilíbrio espacial envolvendo *commodities* transacionadas entre diferentes regiões. Em seu algoritmo foram utilizadas as seguintes variáveis: preço, demanda e oferta, produção, fator de uso e consumo. A contribuição de Takayama e Judge permite a operacionalização dos resultados obtidos por Samuelson, mostrando que se as funções de demanda e oferta são lineares e que o problema de otimização é na verdade, um problema de programação quadrática.

De acordo com Oliveira e Alvim (2017), os modelos de equilíbrio parcial permitem resolver problemas de comércio entre diferentes regiões (separadas espacialmente) que apresentam diferentes ofertas, demandas e fluxos comerciais.

Por meio dos modelos de equilíbrio parcial é possível simular diferentes cenários, e projetar para cada cenário além da produção, o consumo, os preços e as quantidades comercializadas levando-se em conta mudanças nos instrumentos de política implementados. É possível também medir os ganhos e as perdas em bem-estar para cada um dos agentes participantes em cada região (ALVIM e WAQUIL, 2005).

Os modelos de equilíbrio espacial têm sido frequentemente utilizados para analisar problemas de competitividade entre regiões agrícolas; os modelos de equilíbrio espacial foram tradicionalmente desenvolvidos por Samuelson e Enke e aprimorado por Takayama e Judge e pressupõe que a estrutura de mercado adotada é a concorrência perfeita ou monopolística, porém essa não é a realidade da maioria dos mercados. Portanto um modelo mais plausível para analisar a comercialização inter-regional seria considerar uma concorrência imperfeita.

Beckmann (1952) formulou um problema de equilíbrio parcial levando em conta a densidade da produção e os custos de transporte. Fox (1953) levou em conta a função de demanda por alimento em cada região e a estrutura logística para encontrar o equilíbrio entre preço e consumo dos alimentos além dos fluxos movimentados entre as regiões de acordo com cada especificidade regional: valor de produção, números de armazéns e custo de armazenagem.

Alguns exemplos da utilização do modelo de equilíbrio espacial para analisar a competição inter-regional de produtos agrícolas podem ser encontrados em Von Oppen e Scott (1976), Waquil e Cox (1995), Yang et al. (2002), Souza (2008), Malý et al. (2011), Holderiath et al. (2018).

Para a formulação de modelos na área agrícola, várias metodologias têm sido utilizadas, entre elas pode-se destacar a utilização dos modelos de equilíbrio parcial e espacial, os quais têm origem em Samuelson (1952) e Enke (1951), que demonstraram como este tipo de problema pode ser resolvido através do uso de programação matemática. Takayama e Judge (1971) usaram um preço linear dependente e funções de demanda e oferta estendidas da formulação de Samuelson, para obter dimensões espaciais e intertemporais de preço, produção, fator de uso e consumo determinados através de um quadro de programação quadrática. Eles desenvolveram um algoritmo capaz de solucionar as condições de equilíbrio espacial envolvendo diversas commodities transacionadas entre muitas regiões.

Recentemente, Paris et al. (2011) desenvolvem um modelo de calibração para modelos de equilíbrio espacial. Segundo os autores, as especificações de programação matemática exibem certas divergências entre os resultados estimados e os dados observados de oferta, de demanda e do fluxo de comércio entre os países. Essas diferenças podem ser impostas à imprecisão dos custos que ocorrem nas transações comerciais ou na imprecisão das medidas dos parâmetros das funções de oferta e demanda, ou então, tal imprecisão pode ser por ambos os motivos. A

utilização do modelo sem a correção de tais diferenças pode resultar em geração de políticas distorcidas.

O objetivo é solucionar um problema de equilíbrio econômico parcial. A programação matemática é uma forma de simular a dinâmica da oferta e da demanda no mercado, onde produtores e consumidores buscam maximizar suas utilidades⁸ através de escolhas que estão sujeitas a um conjunto de restrições representadas no modelo por meio de equações e inequações.

4.2 O PCM de Rutherford (1995)

O modelo de Complementaridade Mista tem a vantagem de permitir a incorporação de tarifas, quotas-tarifárias com mais facilidade ao modelo. A solução sugerida através deste modelo é capaz de determinar os fluxos comerciais entre as regiões, detalhando as melhores opções para produção, processamento, armazenamento e distribuição, levando em consideração as mudanças na logística de transporte.

Na agricultura, Oliveira et al. (2012) aplicaram o PCM para discutir a difusão de cultivares geneticamente modificadas, principalmente de soja, no Brasil. Foi analisado os impactos da implementação do Protocolo de Cartagena no mercado brasileiro de soja através de um modelo de equilíbrio parcial.

Em especial, para o caso do etanol um recente trabalho trata do papel dos custos das transações e de transporte, assim como da dinâmica das relações de comércio. O modelo de equilíbrio espacial proposto por Coleti (2015) analisou os efeitos da utilização da intermodalidade nas rotas de transporte de etanol no Brasil, para o mercado interno e externo. O resultado das simulações indica que para rotas com destino à exportação a utilização da intermodalidade rodo-ferroviária ou rododutoviária é mais competitiva do que se utilizar apenas o modal rodoviário, como é configurado atualmente.

Os modelos de equilíbrio captam tanto o comportamento independente dos vários tomadores de decisão como o efeito de suas interações. (NAGURNEY et al., 2002).

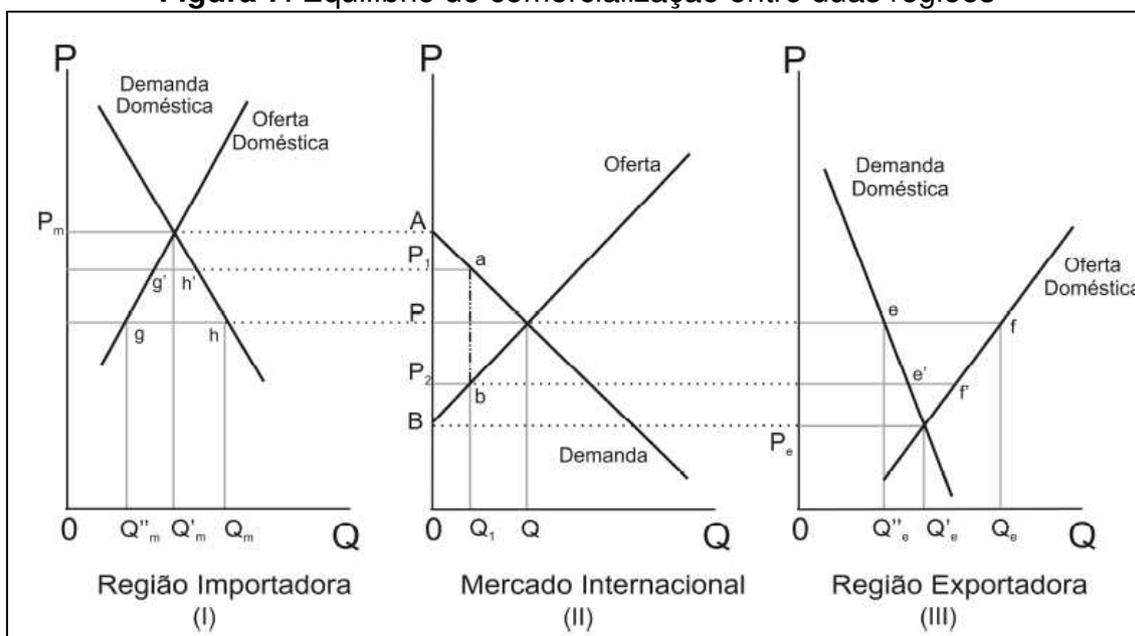
De acordo com Waquil (2000) em uma situação hipotética onde não há comércio entre duas regiões, os preços e quantidades em equilíbrio são determinados pela intersecção

⁸ Utilidade é um modo de descrever as preferências do consumidor cujo fim é analisar a escolha (VARIAN, 2012, p. 57).

das curvas de oferta e demanda locais. Nesse sentido, as preferências dos consumidores serão diferentes entre as regiões, resultando em preços de equilíbrio diferentes para cada uma das regiões. Se trabalharmos com uma segunda proposição, com livre comércio e na ausência de custo de transportes, haverá comércio até que os preços das regiões sejam iguais.

Na Figura 7, as tarifas aplicadas e custos de transporte (ab) aumentam o preço na região importadora de P para P_1 , portanto, esse aumento do preço pago pela região importadora causa uma queda no fluxo comercializado de Q para Q_1 . Sendo assim, a diferença do preço pago aos produtores das regiões exportadoras (P_2) e o aumento para os compradores na importação (P_1) são calculados com a função das elasticidades-preço de oferta e demanda.

Figura 7. Equilíbrio de comercialização entre duas regiões



Fonte: Fellin (1993).

Se tomarmos por referência o modelo original proposto por Takayama e Judge (1971), pode-se substituir as duas regiões de comércio apresentadas na Figura 7 como n regiões.

Índices:

j : regiões de oferta do produto $J=\{1,2,\dots,m\}$

i : regiões de consumo do produto $I=\{1, 2, \dots,h\}$

Desta forma, a função preço da demanda para cada região i é dada por:

$$p_i = d_i(y_i) \quad \forall i \in I \quad (1)$$

Onde:

p_i : função preço da demanda na região i

y_i : quantidade demandada com preço p_i na região i

E, a função preço da oferta para cada região j é dada por:

$$f_j = s_j(z_j) \quad \forall j \in J \quad (2)$$

Onde:

f_j : a função preço da oferta da região j

z_j : quantidade ofertada com preço f_j na região j

Sabe-se que a função preço da demanda para regiões denominadas i é contínua, diferenciável, e, apresenta comportamento decrescente e a função de oferta também é contínua e diferenciável com comportamento crescente, logo:

$$d(d_i(y_i))/dy_i \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (3)$$

e

$$d(s_j(z_j))/dz_j \geq 0 \quad \forall j \in J \quad (4)$$

Baseado nas funções anteriores, é definida uma função de bem-estar (quase-welfare function), representada pela área abaixo da curva da função preço da demanda, menos a área abaixo da curva da função preço da oferta. Esta função pode ser expressa matematicamente como:

$$W_{i,j}(y_i, z_j) = \int_0^{y_i} d_i(n_i) dn_i - \int_0^{z_j} s_j(\varepsilon_j) d\varepsilon_j \quad \forall i \in I, j \in J \quad (5)$$

Sendo que:

$$\frac{\partial W_{i,j}}{\partial y_i} = d_i(y_i) = p_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$$

$$\frac{\partial W_{i,j}}{\partial z_j} = -s_j(z_j) = -f_j \quad \forall i \in I, j \in J \quad (7)$$

i.e, as derivadas parciais são o preço da demanda e o preço negativo de oferta. Se levarmos em conta as equações (6) e (7), temos:

$$\frac{\partial^2 W_{i,j}}{\partial y_i^2} = \frac{d(d_i(y_i))}{dy_i} < 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 W_{i,j}}{\partial z_j^2} = \frac{d(s_j(z_j))}{dz_j} < 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (9)$$

As equações (8) e (9) implicam que a função de bem-estar $W_{i,j}$ é estritamente côncava com relação a y_i e z_j . Sendo assim, a função de bem-estar pode ser representada da seguinte forma:

$$W = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h W_{i,j}(y_i, z_j) \quad (10)$$

Sendo assim, seja x_{ji} a variável que indica a movimentação total de j para i com custo de transporte t_{ji} . A equação que representa a função de bem-estar líquida (*quase-welfare function*) é dada por:

$$NW = W - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h t_{ji} x_{ji} \quad (11)$$

Tendo em vista a equação (11), podemos definir o custo total de transporte como:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h t_{ji} x_{ji} = T'X \quad (12)$$

Com intuito de mostrar o equilíbrio espacial, é necessário que as restrições de balanço de demanda e oferta sejam satisfeitas, sendo que:

$$y_i \leq \sum_{j=1}^m x_{ji} \quad \forall i \in I \quad (13)$$

$$z_j \geq \sum_{i=1}^h x_{ji} \quad \forall j \in J \quad (14)$$

Logo, o modelo de equilíbrio espacial que busca determinar o nível de produção e consumo, o preço de comercialização e quantidade comercializada entre as regiões é apresentado a seguir:

$$Max \quad NW = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h W_{i,j} (y_i, z_j) - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h t_{ji} x_{ji} \quad (15)$$

s.a:

$$y_i \leq \sum_{j=1}^m x_{ji} \quad \forall i \in I \quad (16)$$

$$z_j \geq \sum_{i=1}^h x_{ji} \quad \forall j \in J \quad (17)$$

$$y_i, z_j, x_{ji} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (18)$$

4.3 PCM para o etanol

Foi desenvolvido um modelo de equilíbrio espacial, formulado como um PCM para a movimentação de etanol. O resultado do modelo determina o fluxo de etanol das regiões de oferta para as regiões de consumo interno e demanda internacional, assim como os preços. O modelo utilizado é um PCM proposto por Rutherford (1995) e Oliveira e Alvim (2017).

Samuelson (1952) afirma que só se chega ao equilíbrio de mercado através da maximização da função NSP⁹, pela soma dos produtores e consumidores, menos o custo de transporte entre as regiões produtoras e consumidoras.

Takayama e Judge (1971), a partir das hipóteses de Samuelson, indicam que, através da programação quadrática, é possível gerar as dimensões espaciais e intertemporais de preço, produção, fator de uso e consumo. Podemos observar na equação a seguir a proposta de Alvim (2003) e Rutherford (1995):

Maximizando:

$$NSP = \sum_{i=1}^h \int_0^{y_i} d_i(n_i) dn_i - \sum_{j=1}^m \int_0^{z_j} s_j(\varepsilon_j) d\varepsilon_j - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^h t_{ji} x_{ji} \quad (19)$$

s.a:

$$\sum_{i=1}^h x_{ji} - z_j \leq 0 \quad \forall j \in J \quad (20)$$

$$y_i - \sum_{j=1}^m x_{ji} \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (21)$$

$$y_i, z_j, x_{ji} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (22)$$

Sendo que:

d_i : a função preço de demanda na região i

s_j : a função preço de oferta na região j

y_i : quantidade demandada na região i

z_j : quantidade ofertada na região j

x_{ji} : fluxo de produto entre a região j e a região i

t_{ji} : custo de transporte entre a região j e a região i

As equações (20) e (21) apresentam as restrições responsáveis por fazerem com que as regiões de oferta não possam exportar mais do que a quantidade produzida, e que as regiões de demanda não possam importar mais do que a capacidade demandada. A restrição (22) é responsável por garantir a não-

⁹ A maximização da função NSP gera um quadro de condições de otimalidade, porém Samuelson previu problemas associados ao uso de seu modelo para fazer interferências sobre o bem-estar social. A expressão NSP é uma referência a “*Net Social Payoff*”, que exclui o bem-estar social.

negatividade das seguintes variáveis: quantidade produzida, consumida e comercializada.

Com base nas condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT), Takayama e Jugde (1964) buscaram o equilíbrio ótimo dos preços, quantidades e fluxos comerciais para cada região a partir de uma função objetivo e de um conjunto de restrições formuladas como inequações. Nas condições de KKT para cada variável encontra-se uma solução ótima onde a condição será válida como uma igualdade ou então, a variável assume valor zero, o que significa que todas as restrições foram satisfeitas com exatidão, sendo assim, para cada preço-sombra, haverá uma solução ótima onde ou a condição será válida como uma igualdade ou o multiplicador será nulo.

A função objetiva sendo côncava, diferenciável e com restrições lineares, pode-se obter a função *Lagrangeana*¹⁰ e as condições de Karush-Kuhn-Tucker¹¹ associadas ao problema de otimização, como é apresentado abaixo:

$$L = \sum_{i=1}^h \int_0^{y_i} d_i(n_i) dn_i - \sum_{j=1}^m \int_0^{z_j} s_j(\varepsilon_j) d\varepsilon_j - \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m t_{ji} x_{ji} - \sum_{j=1}^m \varphi_j \left[\sum_{i=1}^h x_{ji} - z_j \right] - \sum_{i=1}^h \lambda_i \left[y_i - \sum_{j=1}^m x_{ji} \right] \quad (23)$$

As condições de Karush-Kuhn-Tucker são obtidas a partir da solução do problema de maximização, logo:

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} = d_i(y_i) - \lambda_i \leq 0, \quad y_i \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial y_i} \cdot y_i = 0, \quad \forall i \in I \quad (24)$$

$$\frac{\partial L}{\partial z_j} = \varphi_j - s_j(z_j) \leq 0, \quad z_j \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial z_j} \cdot z_j = 0, \quad \forall j \in J \quad (25)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{ji}} = \varphi_j + \lambda_i - t_{ji} \leq 0, \quad x_{ji} \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial x_{ji}} \cdot x_{ji} = 0, \quad \forall i \in I, j \in J \quad (26)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = y_i - \sum_{j=1}^m x_{ji} \leq 0, \quad \lambda_i \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda_i} \cdot \lambda_i = 0, \quad \forall i \in I \quad (27)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \varphi_j} = \sum_{i=1}^h x_{ji} - z_j \leq 0, \quad \varphi_j \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \varphi_j} \cdot \varphi_j = 0, \quad \forall j \in J \quad (28)$$

Sendo que:

φ_j : multiplicador de Lagrange associado à região de oferta j

¹⁰ Para casos que envolvam restrições do tipo "igualdade", mas com mais restrições, o método do multiplicador de Lagrange é recomendado (Caixeta-Filho, 2001).

¹¹ As condições de Karush-Kuhn-Tucker possibilitam apenas um teste de otimalidade, não sendo assim um mecanismo de obtenção da solução ótima (Caixeta-Filho, 2001).

λ_i : multiplicador de Lagrange associado à região de demanda i

De acordo com Alvim (2003), os multiplicadores de *Lagrange* podem ser utilizados como preços-sombra. Por exemplo, na equação (23), o multiplicador de *Lagrange* se refere à restrição (20), que indica o máximo que o consumidor pagaria por uma unidade a mais do produto. Já na equação (21), o multiplicador indica o preço mínimo que o produtor está disposto a aceitar para vender uma unidade a mais do produto.

As equações (24) e (25) representam a relação entre os preço-sombra, as quantidades de oferta e demanda os fluxos comercializados entre as regiões j e i . Na equação (26) a variável x_{ji} é responsável por restringir o fluxo de comércio, ou seja, quando o preço de mercado da região de oferta somado ao custo de transporte for maior que o preço no país consumidor, não haverá comercialização entre as duas regiões, só haverá fluxo quando o preço na região de consumo (somado aos custos de transporte) for maior do que na região de oferta.

Os estudos desenvolvidos por Takayama e Judge (1964) em modelos de programação quadrática e lineares motivaram Rutherford (1995) a incluir outras variáveis no modelo como por exemplo tarifas, quotas, através de uma formulação conhecida como Problema de Complementaridade Mista (PCM).

O PCM pode ser descrito conforme as equações, adaptadas de Paris et al. (2011) e Caetani (2014), que representa as condições que permitem obter os preços, as quantidades produzidas e consumidas e os fluxos comerciais entre as regiões, levando em consideração os custos logísticos e de transações dos mercados. Deste modo O PCM para a comercialização do etanol é apresentado a seguir, considerando regiões de demanda, interna e internacional.

Índices:

j : regiões de oferta de etanol $J=\{1,2,\dots,6\}$

i : regiões de demanda interna para o etanol $I=\{1, 2, 3\}$

k : regiões de demanda internacional para o etanol $K=\{1, 2, 3, 4\}$

Onde:

y_i é a quantidade demandada na região i

z_j é a quantidade ofertada na região j

g_k é a quantidade demandada na região k

x_{ji} (x_{jk}) é a quantidade comercializada entre as regiões j e i (k);

t_{ji} (t_{jk}) é o custo de transporte entre as regiões j e i (k);

trt_{ji} (trt_{jk}) é a tarifa cobrada sobre o produto que se originou na região j e tem como destino a região i (k);

φ_j é o multiplicador de Lagrange (preço-sombra da região de oferta j);

λ_i é o multiplicador de Lagrange (preço-sombra da região de demanda i);

δ_k é o multiplicador de Lagrange (preço-sombra da região de demanda internacional k);

γ_{ji} (γ_{jk}) é o multiplicador de Lagrange (preço-sombra na região de oferta j e de demanda i (k)).

$$y_i \leq \sum_{j=1}^6 x_{ji} \quad \lambda_i \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{ji} - y_i \right] \lambda_i = 0 \quad \forall i \in I \quad (29)$$

$$g_k \leq \sum_{j=1}^6 x_{jk} \quad \delta_k \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{jk} - g_k \right] \delta_k = 0 \quad \forall k \in K \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{ji} + \sum_{k=1}^4 x_{jk} \leq z_j \quad \varphi_j \geq 0 \quad \left[z_j - \left(\sum_{i=1}^3 x_{ji} + \sum_{k=1}^4 x_{jk} \right) \right] \varphi_j = 0 \quad \forall j \in J \quad (31)$$

$$\lambda_i \leq \varphi_j + t_{ji} \quad x_{ji} \geq 0 \quad \left((t_{ji} + \varphi_j)(1 + trt_{ji}) - \lambda_i \right) x_{ji} = 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (32)$$

$$\delta_k \leq \varphi_j + t_{jk} \quad x_{jk} \geq 0 \quad \left((t_{jk} + \varphi_j)(1 + trt_{jk}) - \delta_k \right) x_{jk} = 0 \quad \forall k \in K, j \in J \quad (33)$$

$$y_i, z_j, g_k, x_{ji}, x_{jk} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (34)$$

A equação (34) garante a não-negatividade das quantidades produzidas, consumidas e comercializadas.

A solução ótima desse PCM é obtida a partir da convergência das equações (29), (30) e (31), na equação (32) há uma condição de complementariedade onde o preço de mercado da região de demanda i deve sempre ser menor do que o preço de oferta da região j somado os custos de transporte e de transação e da tarifa até a região de demanda. A equação (33) representa a mesma complementariedade só que para a demanda internacional.

Caso contrário, se não houver fluxo comercial, isto significa que o preço na região de demanda é menor que o preço na região de oferta somado aos custos de transporte e transação e da tarifa.

Originalmente, Paris et al. (2011) utilizam o *primal-dual* que é calculado com base nas condições de Karush-Kuhn-Tucker. Os resultados obtidos através do modelo utilizado pelos autores são exatamente iguais ao PCM, possibilitando tal adaptação. As estimativas são obtidas através de duas fases de PCM: inicialmente serão estimados os custos das transações, as quantidades e os preços de oferta e de demanda, as quantidades do fluxo comercial e os custos logísticos, onde os custos das transações são endógenos e as outras variáveis são exógenas ao modelo. A variável que representa os custos das transações comerciais entre a região produtora j e consumidora i (k) é uma variável endógena ao modelo.

Após a convergência das equações (29), (30), e (31) do PCM é incluída uma quarta equação cujo objetivo é estimar os custos de transação como proposto por Paris et al. (2011). Baseado nos estudos de Samuelson (1952) e Takayama e Judge (1994) os autores desenvolveram um modelo de calibração de comércio onde introduziu nas equações de programação matemática uma variável de ajuste para os problemas de otimização.

De acordo com Paris et al. (2011) há uma certa diferença dentre os problemas matemáticos com relação aos resultados estimados e os observados de oferta e demanda e do fluxo de comércio entre diferentes regiões, isso pode ocorrer devido à difícil mensuração dos custos incorridos nas transações o que compromete os resultados.

Na primeira fase são estimados os custos de transação, as quantidades do fluxo comercial, os preços de oferta e de demanda e os custos de transporte. Os custos de transação representam uma variável endógena (γ_{ji} , γ_{jk}) e as demais variáveis são exógenas.

Para estimar o fluxo comercial entre as regiões de excesso de oferta e excesso de demanda na primeira fase foi desenvolvida uma matriz origem-destino. As matrizes origem-destino para estimativa dos fluxos de exportação utilizado nesta tese é uma técnica usualmente utilizada na Engenharia de Transportes e que tem ampla aplicabilidade em estudos econômicos (HAMERSLAG e IMMERS, 1998). Existem diversos estudos que utilizaram uma matriz O-D com intuito de minimizar o custo de transferência de diversos tipos de cargas para diversos locais, com destaque: Oliveira

(2007); Figueiredo et al. (2005); Martins e Caixeta Filho (1998) e Ortúzar e Willumsem (1995).

O conjunto de equações que compõe a primeira fase para a obtenção da variável custos de transação γ_{ji} e γ_{jk} é:

$$y_i \leq \sum_{j=1}^6 x_{ji} \quad \lambda_i \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{ji} - y_i \right] \lambda_i = 0 \quad \forall i \in I \quad (35)$$

$$g_k \leq \sum_{j=1}^6 x_{jk} \quad \delta_k \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{jk} - g_k \right] \delta_k = 0 \quad \forall k \in K \quad (36)$$

$$\sum_{k=1}^4 x_{jk} + \sum_{i=1}^3 x_{ji} \leq z_j \quad \varphi_j \geq 0 \quad \left[z_j - \left(\sum_{k=1}^4 x_{jk} + \sum_{i=1}^3 x_{ji} \right) \right] \varphi_j = 0 \quad \forall j \in J \quad (37)$$

$$\lambda_i \leq \varphi_j + t_{ji} + \gamma_{ji} \quad x_{ji} \geq 0 \quad (\gamma_{ji} + (t_{ji} + \varphi_j)(1 + trt_{ji}) - \lambda_i) x_{ji} = 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (38)$$

$$\delta_k \leq \varphi_j + t_{jk} + \gamma_{jk} \quad x_{jk} \geq 0 \quad (\gamma_{jk} + (t_{jk} + \varphi_j)(1 + trt_{jk}) - \delta_k) x_{jk} = 0 \quad \forall k \in K, j \in J \quad (39)$$

A condição de complementaridade dada pela equação (38) assume que o preço de mercado da região de demanda j deve ser menor do que o preço de oferta da região i somado os custos de transporte, aos custos das transações, e da tarifa que possui uma alíquota para cada região.

Na segunda fase, são introduzidos na programação os custos de transação gerados na primeira fase e são estimados exogenamente os custos de transação com as quantidades e preços de oferta e demanda – que passam a ser uma variável exógena. Nessa fase a variável que representa os custos de transações, gerados na primeira é representado por $\hat{\gamma}_{ji}$ e $\hat{\gamma}_{jk}$ e é adicionada no modelo, sendo estimada exogenamente com as quantidades e preços de oferta e demanda.

A expressão matemática do PCM na segunda fase é dada por:

$$y_i \leq \sum_{j=1}^6 x_{ji} \quad \lambda_i \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{ji} - y_i \right] \lambda_i = 0 \quad \forall i \in I \quad (40)$$

$$g_k \leq \sum_{j=1}^6 x_{jk} \quad \delta_k \geq 0 \quad \left[\sum_{j=1}^6 x_{jk} - g_k \right] \delta_k = 0 \quad \forall j \in J \quad (41)$$

$$\sum_{k=1}^4 x_{jk} + \sum_{i=1}^3 x_{ji} \leq z_j \quad \varphi_j \geq 0 \quad \left[z_j - \left(\sum_{k=1}^4 x_{jk} + \sum_{i=1}^3 x_{ji} \right) \right] \varphi_j = 0 \quad \forall j \in J \quad (42)$$

$$\lambda_i \leq \varphi_j + t_{ji} + \gamma_{ji} \quad x_{ji} \geq 0 \quad (\hat{\gamma}_{ji} + (t_{ji} + \varphi_j)(1 + trt_{ji}) - \lambda_i) x_{ji} = 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (43)$$

$$\delta_k \leq \varphi_j + t_{jk} + \gamma_{jk} \quad x_{jk} \geq 0 \quad (\hat{\gamma}_{jk} + (t_{jk} + \varphi_j)(1 + trt_{jk}) - \delta_k) x_{jk} = 0 \quad \forall k \in K, j \in J \quad (44)$$

A solução é obtida a partir da convergência das equações complementares (40), (41) e (42). Para cumprir com a condição de complementaridade apresentada na equação (43) o preço de mercado da região de demanda i deve ser menor que o preço de oferta da região j somado os custos de transporte, os custos das transações, e a tarifa cobrada por produto. A equação (44) representa a mesma complementariedade só que para a demanda internacional

Com base com resultados obtidos nessa segunda fase, é possível propor cenários base e alternativos, levando em conta a manutenção ou eliminação de tarifas e custos das transações.

4.4. Descrição dos dados

As regiões foram divididas em Macro Regiões para facilitar o entendimento, o Estado de São Paulo foi dividido em três Macro Regiões: Macro 1, Macro 2 e Macro 3, os Estados de Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia agrupadas formam a região Nordeste e os Estados de Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina formam a Região Sul (Quadro 2).

Quadro 2. Composição das Macro-Regiões estudadas

Macrorregião	Microrregiões/Estados envolvidos
Macro 1	São José do Rio Preto Ribeirão Preto
Macro 2	Araraquara Piracicaba Campinas
Macro 3	Presidente Prudente Marília Assis Itapetininga Araçatuba Bauru
Mato Grosso do Sul	Mato Grosso do Sul
Minas Gerais	Minas Gerais
Goiás	Goiás
Nordeste	Sergipe Bahia Rio Grande do Norte
Sul	Paraná Santa Catarina Rio Grande do Sul
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro

A Macrorregião 1 representa as mesorregiões¹² de São José do Rio Preto e Ribeirão Preto. Essa região representa cerca de 24% de todo etanol produzido no

¹² Mesorregião é uma divisão regional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a divisão foi feita de acordo com as seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural

Brasil. As mesorregiões que compõem a Macrorregião 2 são: Araraquara, Piracicaba e Campinas, que juntas produzem aproximadamente 13% do total de etanol. A Macrorregião 3 é composta pelas seguintes mesorregiões: Araçatuba, Bauru, Presidente Prudente, Marília, Assis e Itapetininga, que juntas são responsáveis por cerca de 14% da produção total de etanol no Brasil. Os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul juntos, produzem cerca de 35% do total brasileiro de etanol (UNICA, 2018).

As regiões Nordeste, Sul e o estado do Rio de Janeiro, são responsáveis por absorver grande parte do excedente do etanol produzido na região Centro-Sul, pois não produzem a quantidade suficiente de etanol para seu auto abastecimento e, portanto, são considerados como regiões de destino.

Os dados de produção e consumo compõem o critério adotado para determinação de quais são as regiões de excesso de oferta e regiões de demanda, de forma que se subtraímos a quantidade consumida da quantidade produzida e ela possuir um excedente representativo, essa região será de excesso de oferta, por outro lado, se subtrair o consumo da produção e seu volume de produção não for o suficiente para abastecer a região, essa será uma região de excesso de demanda.

Os dados de produção e consumo tiveram como base o ano de 2016, os dados de produção foram extraídos da UNICA (UNICADATA, 2018), enquanto os dados de consumos foram extraídos da Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2018) (Tabela 3).

como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial (IBGE, 2014).

Tabela 3. Dados de produção e consumo para etanol em 2016 (mil m³)

Estado/Safra	Produção	Consumo	Classificação
Macro 1 (SP)	7.016	4.034	Oferta
Macro 2 (SP)	1.768.	1.017	Oferta
Macro 3 (SP)	5.792.	3.332	Oferta
Goiás	4.689	1.472	Oferta
Mato Grosso do Sul	2.777	316	Oferta
Minas Gerais	3.069	2.666	Oferta
Paraná	1.574	2.023	Consumo
Bahia	221	903	Consumo
Rio de Janeiro	59	1.206	Consumo
Sergipe	112	133	Consumo
Rio Grande do Norte	89	231	Consumo
Rio Grande do Sul	4	1.004	Consumo
Santa Catarina	0	804	Consumo
Total	27.170	19.141	

Fonte: ÚNICA (2018) e ANP (2018)

Em relação à demanda internacional, foram selecionados os países: Estados Unidos, Coreia do Sul e Holanda além do Resto do Mundo¹³. Os Estados Unidos são o maior produtor de etanol do mundo e têm a maior participação nas importações, comprando cerca de 786 m³ de etanol brasileiro. De acordo com dados de exportação, a Coreia do Sul (643 m³) e a Holanda (81 m³) ocupam a posição de segundo e terceiro maiores importadores de etanol brasileiro, respectivamente (BRASIL, 2016).

Segundo Krugman e Wells (2012) a elasticidade-preço de oferta é a medida da sensibilidade da quantidade ofertada de um bem em relação ao seu preço e a elasticidade-preço da demanda é a razão entre a mudança percentual na quantidade demandada e a mudança percentual no preço, à medida que há alterações na curva

¹³ O Resto do Mundo representa o conjunto dos demais países que recebem etanol brasileiro.

de demanda. As informações de elasticidade-preço da oferta e da demanda para o etanol foram obtidas nos estudos de Beiral (2011), Boff (2009), e em Luchansky e Monks (2009) (Tabela 4).

Os preços do etanol no mercado doméstico foram obtidos na ANP (2018) e para o mercado internacional na Renewable Fuels Association (RFA, 2018) e expressam o valor do m³ do etanol em US\$.

Tabela 4. Dados de entrada do modelo

Origem/Destino	Preço	Elasticidades-preço
Macro 1 - O	441,23	0,21
Macro 2 - O	475,97	0,21
Macro 3 - O	467,95	0,21
Goiás - O	470,80	0,21
Mato Grosso do Sul - O	556,70	0,21
Minas Gerais - O	506,19	0,21
Nordeste - D	498,20	0,74
Sul - D	496,40	0,58
Rio de Janeiro - D	488,30	0,58
Estados Unidos - D	375,13	2,92
Holanda - D	375,13	2,92
Coréia do Sul - D	375,13	2,92
Resto do Mundo - D	400,00	2,92

Fonte: Elaborado a partir de Beiral (2011); Boff (2009); Luchansky e Monks (2009), ANP (2017) e RFA (2018).

As tarifas para o mercado doméstico foram calculadas levando em consideração a tributação incidente sobre o etanol em um levantamento feito com especialistas do setor:

a) Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) alíquota praticada em 2016 sobre o valor da mercadoria entre os estados. Todas as regiões que movimentam para a Região Sul e para o Estado do Rio de Janeiro apresentam alíquota de 12%. Já para o

Nordeste, os fluxos com origem no estado de São Paulo e Minas Gerais apresentam alíquota de 7% enquanto os fluxos com origem nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul possuem alíquota de 12%.

b) Programa de Integração Social (PIS): valor fixo de R\$21,43 por m³ (CEPEA, 2018)

c) Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS): valor fixo de R\$ 98,57 por m³ (CEPEA, 2018).

d)

Para o mercado internacional foram consideradas as tarifas de importação incidentes para o etanol em 2016, os dados da Holanda mostram uma taxa de 27% sobre o etanol brasileiro (NETHERLANDS, 2018), de 2,5% nos Estados Unidos (USDA, 2017) e de 15% para a Coreia do Sul (ITA, 2016), para o Resto do Mundo foi adotado uma tarifa média de 17%. Os dados referentes às tarifas no mercado de etanol para ao no de 2016 (Tabela 5).

Tabela 5. Tarifas nas regiões de estudo em 2016 (US\$/m³).

Origem/Destino	Estados Unidos		Coreia do Sul	Resto do Mundo	Rio de Janeiro		
	Unidos	Holanda			Sul	Nordeste	
Macro 1	11,03	119,13	66,18	75,01	89,20	67,14	89,20
Macro 2	11,90	128,51	71,40	80,91	93,37	69,57	93,37
Macro 3	11,70	126,35	70,19	79,55	92,41	69,01	92,41
Goiás	11,77	127,12	70,62	80,04	92,75	92,75	92,75
Mato Grosso do Sul	13,92	150,31	83,51	94,64	103,06	103,06	103,06
Minas Gerais	12,65	136,67	75,93	86,05	97,00	71,69	97,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os custos de transporte para o mercado doméstico foram obtidos no informe SIFRECA (2017) e os do mercado internacional¹⁴ foram calculados a partir de OCDE (2017) (Tabela 6).

¹⁴ Custo de Transporte Internacional = Ponta Rodoviária + Tarifa Portuária + Frete Marítimo

Tabela 6. Custos de transporte nas regiões de estudo em 2016 (em US\$/m³)

Origem/Destino	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo	Sul	Nordeste	Rio de Janeiro
Macro 1	49,85	55,14	55,15	55,15	40,60	76,70	33,00
Macro 2	59,81	49,84	49,85	49,85	35,50	83,20	28,10
Macro 3	66,40	59,80	59,81	59,81	39,70	84,20	40,80
Goiás	66,40	66,39	66,40	66,40	52,80	76,00	45,50
Mato Grosso do Sul	74,76	74,75	74,76	74,76	42,40	101,10	55,90
Minas Gerais	61,75	61,74	61,75	61,75	49,50	70,40	41,90

Fonte: SIFRECA (2017), OCDE (2017).

5. Resultados e Discussão

O método de calibração utilizado neste estudo foi desenvolvido por Paris et al (2011) que utiliza o método de ajustes através da variável de custos das transações que é gerada na primeira fase do problema e introduzida como uma variável exógena na segunda fase das estimativas. Para estimar as quantidades do fluxo comercial no mercado interno foi desenvolvida uma matriz origem-destino (Tabela 7).

Tabela 7. Fluxos estimados do mercado interno (em mil m³)

Origem/Destino	Sul	Nordeste	Rio de Janeiro
Macro 1			2.150
Macro 2			542
Macro 3	892		883
Goiás		2.663	553
Mato Grosso do Sul	2.460		
Minas Gerais		371	
Total	3.353	3.034	4.127

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir deste procedimento são propostos os cenários bases e alternativos que serão apresentados a seguir.

5.1 Cenário base

O cenário base foi gerado na segunda fase do modelo a partir das estimativas obtidas na primeira fase e da calibração do modelo onde os resultados servem como parâmetros para propor cenários alternativos. As estimativas do cenário base destacam a solução ótima do problema de forma a estimar os fluxos de etanol comercializados entre diferentes regiões para o mercado interno e para o mercado externo considerando a base de dados do ano de 2016.

Os custos das transações estimados na primeira fase são introduzidos no modelo, participando como uma variável exógena e servindo de elemento para a calibração do modelo.

A Tabela 8 mostra as quantidades comercializadas entre as regiões para o mercado interno e externo.

Podemos observar que assim como é praticado atualmente a maior parte do fluxo (85%) foi absorvido pelo mercado interno, que o Nordeste é abastecido pelo estado de São Paulo e Minas Gerais, que a região Sul é abastecida pelos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul e que o Rio de Janeiro é abastecido pela Macro-1 e Goiás.

Tabela 8 - Cenário base no mercado interno e externo (em mil m³)

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1	266,58		2.445,7	
Macro 2	669,98			
Macro 3	1.693,5			
Goiás		1.535,2	1.681,7	
Mato Grosso do Sul		1.817,5		
Minas Gerais	403,7			
Subtotal	3.033,7	3.352,6	4.127,4	
Total			10.513,8	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 1				268,8
Macro 2		81,5		
Macro 3	768			
Mato Grosso do Sul			643	
Subtotal	768	81,6	643	1.492,66
Total				1.761,5
Total cenário base		12.275,2		

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Quando se observa as estimativas do mercado internacional primeiramente nota-se que as regiões de oferta Goiás e Minas Gerais não apresentam rota competitiva com destino internacional, podemos atribuir esse fenômeno ao fato de que 90% do etanol é transportado via Porto de Santos e essas duas regiões que apresentam maior custo de transporte. Além disso, o fluxo com destino ao mercado externo representa apenas 15% do total de etanol comercializado no Brasil. Ao somarmos o mercado interno com exportação temos um total de 12,27 milhões de m³ comercializados.

5.2 Cenários alternativos

Os cenários alternativos são simulações de variáveis que possam interferir no mercado de etanol. Os resultados de cada cenário vão poder guiar estratégias futuras para tomada de decisão por parte de diversos players do setor.

São propostos três cenários a priori, embora para a realização desse estudo foram testados cerca de 32 cenários. Os cenários que foram descartados não apresentavam real chance de se tornarem políticas comerciais pois ou tinham um pequeno efeito sobre o fluxo comercializado ou por questões econômicas se tratavam de cenários irreais.

O primeiro cenário descartado testava a possibilidade de diminuir 10% no custo de transporte, 10% no custo das tarifas e 10% no custo de transporte e de tarifa. Esse cenário foi descartado pois a variação no fluxo comercializado foi quase que insignificante.

O segundo cenário descartado testava a possibilidade de diminuir 40% no custo de transporte, 40% no custo das tarifas e 40% no custo de transporte e de tarifa. Esse cenário foi descartado pois diminuir o custo de transporte em 40% não seria negociável com as empresas transportadoras, já que os demais custos que uma empresa transportadora tem se manteriam inalterados. Além disso, uma diminuição de 40% da tarifa inclui uma redução de 40% na arrecadação de PIS/COFINS e ICMS, embora haja uma discussão por parte do setor para uniformizar a tarifa de ICMS, possivelmente essa tarifa não seria fixada nos 40% a menos do que se é praticado hoje.

Os cenários propostos então são os seguintes:

- Cenário 1: Redução de 20% no custo de transporte; Aumento de 20% no Custo de Transporte;
- Cenário 2: Redução de 20% no valor da tarifa; Aumento de 20% na tarifa;
- Cenário 3: Redução de 20% no valor da tarifa e no custo de transporte; Aumento de 20% na tarifa e no custo de transporte;

O valor de 20% foi definido em função da variação do custo de transporte que do ano de 2016 variou 20 pontos percentuais para baixo e 20 pontos percentuais para cima quando se compara a mesma rota no ano de 2018 (Tabela 9).

Tabela 9. Variação do valor de frete entre 2016-2018

Origem	Destino	2016	2018	Variação
Macro 1/Ribeirão Preto	Santos	53,13	68,69	23%
Macro 2/Piracicaba	Santos	45,69	61,00	25%
Macro 3/Araçatuba	Santos	103,15	145,16	29%
Macro 1/Ribeirão Preto	Santos	106,83	90,45	-15%
GO/Itumbiara	NE/Salvador	354,00	265,00	-25%
Macro 1/Ribeirão Preto	Sul/Ponta Grossa	109,50	120,00	9%
MG/Uberaba	Santos	134,56	185,00	27%
MS/Dourados	Sul/Ponta Grossa	90,23	120,00	25%
Macro 3/Araçatuba	RJ/Duque de Caxias	140,00	137,50	-2%
Variação média				20%

Fonte: SIFRECA (2018).

A Tabela 10 apresenta os volumes movimentados para cada cenário alternativo e mostra a variação deles em relação ao cenário base. O Cenário 1 mostrou que quando se aumenta em 20% o custo de transporte, o fluxo comercializado diminui 3,7% e que quando se reduz 20% o custo de transporte, o fluxo de etanol comercializado aumenta em 0,9%.

No cenário 2 é testada variações nas tarifas, quando se aumenta 20% nas tarifas o fluxo comercializado se reduz em 3,9%; e quando se reduz 20% no valor das tarifas há um aumento de 4,8% no fluxo comercializado. Isso nos mostra que o modelo é mais sensível às variações nas tarifas do que no custo de transporte, ou ainda, que variações nas tarifas causam um maior efeito no mercado de etanol do que o custo de transporte.

O cenário 3 é o cenário principal, pois nele testamos as variações para o custo de transporte e valor das tarifas em conjunto. O resultado é de que quando aumentamos 20% os custos de comercialização (custo de transporte + valor das tarifas), há uma redução no fluxo movimentado de 4,3% e isso representaria uma perda de US\$ 257,7 milhões nas receitas brasileiras se comparado ao cenário base. Por outro lado, uma redução de 20% nos custos de comercialização, teríamos um fluxo 5,3% maior e, portanto, um aumento da ordem de US\$ 334 milhões.

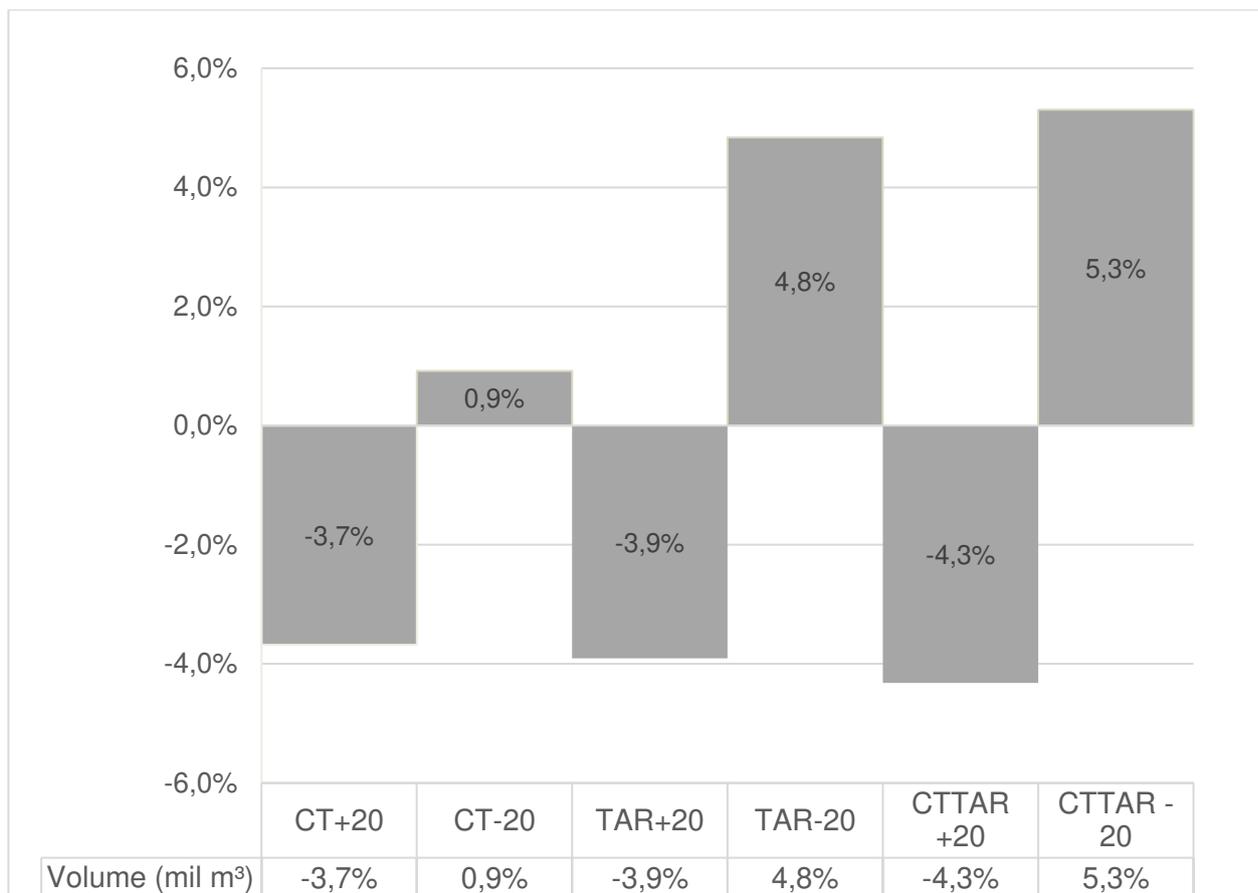
Tabela 10. Resultado resumido dos cenários alternativos

Cenário Base	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	CT+20	CT-20	TAR+20	TAR-20	CTTAR +20	CTTAR -20
12.275,21	11.823,7	12.389,0	11.795,8	12.899,2	11.744,7	12.962,8
Varição	-3,7%	0,9%	-3,9%	4,8%	-4,3%	5,3%

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Para complementar o estudo uma análise de sensibilidade foi feita buscando ilustrar as variações de um cenário para outro. Como dito anteriormente, o Cenário 1 se mostrou menos significativo quando se compara com os demais (Figura 8).

Figura 8. Análise de sensibilidade dos cenários alternativos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Os dados observados referentes aos cenários 1, 2 e 3 estão disponíveis no anexo desta tese para consulta.

Conclusão

Este estudo demonstra os impactos dos custos de transporte e das tarifas no mercado interno e nas exportações do etanol brasileiro. Os resultados permitem captar esses efeitos nas principais regiões produtoras e consumidoras e nos principais países importadores e resto do mundo, de forma a medir o quanto as políticas tarifárias e de distribuição influenciam nos fluxos comercializados.

Com base nos cenários avaliados, concluímos que a redução das tarifas tem um impacto maior na comercialização frente a redução dos custos de transporte. Por outro a elevação dos custos combinados (logísticos e tarifas) reduzem significativamente as transações comerciais.

O cenário base é um retrato da situação atual sem descontos ou acréscimos nos custos de transporte e mostra que atualmente é movimentado um total de 12,2 milhões de m³ de etanol no setor, incluindo demanda interna e comércio internacional.

Os cenários alternativos buscaram compreender o efeito de novas políticas de comércio e de distribuição no segmento. No cenário 1 quando há um acréscimo de 20% no custo de transporte, ocorre uma diminuição no fluxo de transporte da ordem de 3,7%, isso mostra que o mercado de etanol se retrai caso os custos de transporte aumentem. Ainda no cenário 1, quando diminuimos o custo de transporte em 20% o fluxo aumenta apenas 0,9%. Uma análise geral desse cenário é que ele é mais sensível à aumentos no custo de transporte.

Em relação ao cenário 2 a proposta foi analisar alteração nas tarifas de comercialização uma vez que não há estudos a literatura que faça essa análise para o mercado interno de etanol. Os resultaram demonstraram que um aumento de 20% no custo das tarifas significa uma perda de 3,9% do mercado que temos hoje, enquanto uma queda da ordem de 20% nas tarifas representa um aumento de 4,8% no fluxo comercializado, ou seja, um aumento nas receitas da ordem de US\$ 303 milhões.

Atualmente já existe uma discussão sobre uniformizar a cobrança da alíquota de ICMS, se as alíquotas para os todos os estados fossem reajustadas para o valor mínimo (7%) como é para Minas Gerais e São Paulo, já teríamos um ganho razoável no fluxo de movimentação.

O cenário 3 é o cenário principal por juntar os custos de transporte com os valores das tarifas, formando o que chamamos de custo das transações comerciais. Esse cenário é o que apresenta o melhor resultado, uma vez que quando aumentamos o custo das transações

comerciais em 20% há uma perda no fluxo movimentado da ordem de 4,3%, uma perda de mais de R\$257 milhões em comparação com as receitas obtidas com venda de etanol no ano de 2016.

Ainda no cenário 3, se diminuirmos 20% o custo das transações comerciais, o fluxo comercializado aumenta em 5,3%, representando um ganho de US\$ 443 milhões em receitas provenientes do mercado do etanol.

Quando se compara os três cenários alternativos, percebe-se que reduções nas tarifas causam maior efeito no mercado de etanol do que reduções no custo de transporte, isso nos mostra o quanto a política de taxaço precisa ser revista, uma vez que ganhos de competitividade podem ser garantidos com novas alíquotas e taxas de importação.

Embora o choque no custo de transporte não tenha sido o grande destaque desse modelo não podemos deixar de fora de durante o período de pesquisa para essa tese tivemos uma greve dos caminhoneiros que parou o país e principalmente o abastecimento de etanol nos postos por mais de uma semana, isso mostra o quão frágil é o sistema de transporte nacional e o nosso nível de dependência do modal rodoviário.

A grande contribuição deste trabalho para o mercado de etanol em geral é a aplicação do modelo matemático da forma como foi implementado, já que modelos que levam em conta os custos das transações comerciais nunca foram desenvolvidos para o produto etanol.

Além disso, os resultados apresentados nas simulações podem auxiliar em formulação de políticas que beneficiem vários segmentos do setor, a iniciativa privada que pode apurar melhor resultado com redução de custos, o governo que pode se beneficiar com uma possível reforma tributária, produtores rurais podem ter a matéria-prima mais valorizada e a tonelada pode enfim ter um preço mais justo e as usinas podem conseguir o capital necessário para se desafogarem das dívidas e recuperações judiciais.

Uma sugestão para estudos futuros é a incorporação de subsídios no modelo, incentivo que já foi real no Brasil antes do período estudado e que ainda é realidade no nosso principal concorrente que é os Estados Unidos.

Referências Bibliográficas

ALVES E, GAZZOLA R, MARRA R. The meat market in Brazil: A partial equilibrium model. **Revista De Economia e Sociologia Rural**,46(4):1189-208, 2008.

ALVIM, A. M. *Os impactos dos novos acordos de livre comércio sobre o mercado de arroz no Brasil: um modelo de alocação espacial e temporal*. 2003, 221 p. Tese (Doutorado em Economia) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALVIM, A. M.; WAQUIL, P. D. Efeitos do acordo entre o Mercosul e a União Européia sobre os mercados de grãos. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília , v. 43, n. 4, p. 703-723, Dez 2005

AMATUCCI, M.; SPERS, E. E. The Brazilian biofuel alternative. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 10, n. 1, p. 37-55, 2010.

ANANIA, G; QUIRINO, P; DROGUÉ, S. Calibrating spatial models of trade. **Journal of Economic Modelling**. v.28, n.6, p. 2509 – 2516, 2011..

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Abastecimento em números**. Ano 13, nº58. 2018 Disponível em:< http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Abastecimento/58/Boletim_n58.pdf> Acesso em jan de 2019

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Nota Técnica do GT_Portaria nº357/2018 nº001/2018 Disponível em:< http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/TPC/TPC2-2018/NT_GT_TPC2_2018.pdf> Acesso em jan de 2019

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Relatório de Gestão 2016**. Brasília, 2016, 333p.

BARROS, G. S. C.; MORAES, M. A. F. D. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro. **Revista de Economia Política**, v. 22, n. 2, p. 156-173, 2002.

BARROS, P. S.; SCHUTTE, G. R.; PINTO, L. F. S. **Além da autossuficiência**: o Brasil como protagonista no setor energético. Brasília: Ipea, 2012. (Textos para Discussão, n. 1.725).

BECKMANN, M. A Continuous Model of Transportation. **Econometrica**, Wiley, 1952.

BEIRAL, P. R. S. (2011). *O mercado brasileiro de etanol: concentração e poder de mercado sob a ótica da nova organização industrial empírica*. São Paulo, 2011. 108f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

BEKKERMAN, A.; KRUGMANN, B.; Piggott, N. (2013). **Applied Economics**, Vol. 45, No. 19, pp. 2705-14.

BELIK, W., RAMOS, P., VIAN, C. E.F. Mudanças Institucionais e Seus Impactos Nas Estratégias dos Capitais do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Centro-Sul do Brasil. In: *Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (SOBER)*. Poços de Caldas, 1998.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 60, n. 3, set. 2008.

BLOCK, A. S., CORONEL, D. A.; VELOSO, G. Análise da transmissão de preços no setor sucroalcooleiro brasileiro. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 120-137, 2012.

BOFF, H. P. (2011). Modeling the Brazilian ethanol market: How flex-fuel vehicles are shaping the long run equilibrium. **China-USA Business Review**, 10(4), 245-264.

BOFF, H. P., **O mercado interno do etanol: Modelo e Estimação do Preço de Equilíbrio**, Seminários de pesquisa, 17032, IE/UFRJ, Rio de Janeiro, 17 Março. 2009.

BRANDT, S.A. **Comercialização Agrícola**. Piracicaba: Livroceres, 1980. 195 p.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto 2.256, de 17 de junho de 1997. Regulamenta o Registro Especial Brasileiro – REB, para embarcações de que trata a Lei 9.432, de 8 de janeiro de 1997. 1997b. Disponível em: Acesso em: 21 fev. 2018.

_____. **AGROSTAT: Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso em 10 ago. 2017.

_____. Comex Stat. **Exportações etanol Brasil 2016**. Disponível em: < <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>> Acesso em jul 2017.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria MAPA nº 143 de 27/06/2007**. Disponível em < http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-143-2007_200314.html> Acessado em 4 set 2018.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **Exportação NCM Brasileira**. Disponível em: < <http://aliceweb.mdic.gov.br/>> Acesso em: 14 mai 2015.

_____. Ministério da Fazenda. **Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal 2016b**. Disponível em < <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais>> Acessado em fev 2017.

BUAINAIN, A. M. et al.. Quais os riscos mais relevantes nas atividades agropecuárias? *In: “O mundo rural no Brasil do século 21”*. Brasília, EMBRAPA. Parte 1, cap. 4, p. 177-208, 2014.

CAETANI, M. I. da R. *Os efeitos dos custos das transações comerciais e do livre comércio no mercado internacional da soja*. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

CAIXETA FILHO, J. V. Transporte e logística no sistema agroindustrial. **Preços Agrícolas: mercados agropecuários e agribusiness**, v. 10, n. 119, p. 2-7, 1996.

_____. Pesquisa Operacional: **Técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001. 171 p.

CAMELINI, J. H.; CASTILLO, R. Logística e Competitividade no circuito espacial produtivo do etanol no Brasil. **Boletim Campineiro de Geografia**. v.2 n.2, 2012.

CAMPENHOUT, B. Modelling trends in food market integration - Method and an application to Tanzanian maize markets. **Food Policy**, Vol. 32, No. 1, pp. 112–27. 2007.

CANUTO, O. Biofuels and development: the third dividend. Paper presented at the panel “*The future of ethanol, biofuels, and energy policy in the Americas*”, Americas Society and Council of the Americas, New York, February 22, 2007

CARDOSO, L. C. B.; BITTENCOURT, M V. L. (2012). Elasticidades da demanda de curto e longo prazo por etanol no Brasil no período de 2001 a 2011: um estudo utilizando painéis cointegrados . *In: XL Encontro Nacional de Economia -2012*.

CARVALHO, L. C., BUENO, R., CARVALHO, M., FAVORETO, A. L., GODOY, A. F. Cana-De-Açúcar e Álcool Combustível: Histórico, Sustentabilidade e Segurança Energética. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 530, 2013.

CAVALCANTE, J.; MERCENIER, J. Uma avaliação dos ganhos dinâmicos do Mercosul usando equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.29, n.2, 1999.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador Semanal do Etanol Hidratado Combustível Cepea/Esalq - São Paulo**. 2017. Disponível em <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol.aspx> Acessado em 2 de junho de 2017.

CLARKE, G. R. G. Beyond tariff and quotas: why don't African manufacturing enterprises export more? Washington, D.C.: World Bank, *World Bank Policy Research*, n. 3617, 2005.

COLETI, J. de C. (2015) *Transporte e intermodalidade do etanol brasileiro : uma aplicação de um modelo de equilíbrio parcial*. 2015. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Desenvolvimento Econômico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

CONTINI, E. Exportações na dinâmica do agronegócio brasileiro: oportunidades econômicas e responsabilidade mundial. *In: “O mundo rural no Brasil do século 21”*. Brasília, EMBRAPA. Parte 1, cap. 3, p. 149-173, 2014.

CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; LEONARDI, R. B. A.; BASTOS, E. T. Projeções do agronegócio no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, Brasília: CONAB, v. 14, n. 1, p. 45-56, jan./mar. 2006.

ENGBLOM, J., SOLAKIVI, T., TÖYLI, J., & OJALA, L. Multiple-method analysis of logistics costs. **International Journal of Production Economics**, 137(1), 29–35.doi:10.1016/j.ijpe.2012.01.007, (2012).

ENKE, S. Equilibrium among Spatially Separated Markets: Solution by Electrical Analogue. **Econometrica**, v. 19, 1951, p. 40-47.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **USDA agricultural projections to 2022**. Washington, DC, 2017. Disponível em: http://www.ers.usda.gov/publications/oce-usda-agricultural-projections/oce131.aspx#.U_eYrflidVqU Acesso em 04 ago. 2017.

FAO. (2008). *Soaring food prices: Facts, perspectives, impacts and actions required* (High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy HLC/08/INF/1). Rome, 3-5 June 2008: Food and Agriculture Organization (FAO). Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf. Acessado em 23 de dez de 2018.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de Custos Logísticos**. São Paulo: Atlas, 2007.

FELLIN, L. R. *International corn and soybean transportation system: quadratic programming models*. 1993, 134p. Tese (Doutorado em Economia Agrícola) - Texas A&M University, College Station.

FOX, K. A Spatial Equilibrium Model o Lifestock – feed economy in the USA. **Econometrica**, Wiley, 1953.

GASQUES, J. G. Produtividade Total dos Fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010. 298 p.

HOLDERIEATH, J. J., PENDELLB, D. L., HADRICHC, J. C., ANDERSOND, A., SLOOTMAKERD, C, HARPERD, E., SHWIFF, S. A. Valuing the absence of feral swine in the United States: A partial equilibrium approach. **Crop Protection** Volume 112, p. 63-66, out 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **A Geografia da Cana-de-Açúcar**. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/apps/dinamica_agropecuaria/> Acessado em 26 ago 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Definições. 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: jun. de 2017.

INFORME SIFRECA. **Sistema de informações de fretes para cargas agrícolas**. Piracicaba: [s.n.], 2017.

ITA. International Trade Admnsitrations. 2016 **Top Markets Report Renewable Fuels - Sector Snapshot 2016**. Disponível em: <https://business.gov.nl/regulation/excise-duty-consumption-tax/>. Acessado em 2 jun 2017.

JAMBEIRO, M. B. **Engenheiro de rapadura: Racionalização do tradicional numa sociedade em desenvolvimento**. São Paulo: Instituto de estudos brasileiros/ USP, 1973.

KAGEYAMA, A. & SILVEIRA, J. M. F. **A Dinâmica da Agricultura Brasileira: Do Complexo Rural aos Complexos Agroindustriais**. Campinas, 121 p. 1987.

KRUGMAN , P., WELLS, R. **Economics**. 3ª Edição, Editora MacMillan, New York, 2012.

KRUGMAN, P. R.; OBSTFELD, M. **Economia internacional: teoria e política**. 6. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.

KUSSANO, M. R., BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Gest. Prod.** 2012, vol.19, n.3, pp.619-632.

LEÃO, J. **Álcool energia verde**. São Paulo: Igual Editora, 2002.

LEMOS P, MESQUITA F, DAL-POZ ME, SOUZA. Panorama e Desempenho Recente do Setor Sucroenergético: Condições para um Novo Ciclo? Em Salles Filho S (Org.) **Futuros do Bioetanol: O Brasil na Liderança?** 1a ed. Elsevier. Rio de Janeiro, Brasil. pp. 9-34, 2015.

LIMA, P. C. R. **Os Carros Flexfuel no Brasil**. Nota Técnica. Câmara dos deputados, Brasília, Distrito Federal – 2009, 10p.

LOGUM. **O sistema Logum 2019**. Disponível em:< <http://www.logum.com.br/php/o-sistema-logum.php>>. Acesso em 12 de fev de 2019.

LUCHANSKY, M. S. e MONKS, J. Supply and Demand Elasticities for the United States Ethanol Market, **Energy Economics** ,v. 31, n. 3, p. 403-410, 2009.

MAGEE, J. F. **Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição**. São Paulo: Pioneira, 1977.

MALÝ, M., MALÁ, Z., SOBROVÁ, L., HÁLOVÁ P. Partial Equilibrium Model of Czech Beef Trade. **Economics and Informatics**, Vol. III, No. 2, 2011. ISSN 1804-1930, 2011.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. Subsídios à tomada de decisão da escolha da modalidade para o planejamento dos transportes no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**. Curitiba, v.3, n.2, p.75-96, mai./ago. 1999.

MENDES, J, T, G. **Comercialização Agrícola**. Pato Branco, Paraná. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; XAVIER, C. E. O.. Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro: BNDES, n. 31, jun. 2010.

MITSUTANI, C. *A logística do etanol de cana-de-açúcar no Brasil: Condicionantes e Perspectivas*. 2010, 104 p. Dissertação (Mestrado em Energia) –Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOURA, P. T. *Political economy, political entrepreneurship and biofuels regulation in The U.S.* 2010. 133p. Dissertação (Mestrado) - Graduate School - Applied Social Sciences at the University of Missouri-Columbia, Columbia, 2010.

NAGURNEY, A., DONG, J., ZHANG, D. A supply chain network equilibrium model. **Transportation Research Part E**. Nº 38. P. 281-303, 2002.

NARDY, V.; GURGEL, A. C. Impactos da liberalização do comércio de etanol entre Brasil e Estados Unidos sobre o uso da terra e emissão de CO2. **Nova econ.**, Belo Horizonte, v. 23, n. 3, p. 693-726, Dec. 2013 .

NASTARI, G. Capital estrangeiro cada vez mais forte. **AgroAnalysis**, Agroenergia, FGV/EESP, abr. 2010.

NETHERLANDS. **Excise duty and consumption tax 2016**. Disponível em: <https://business.gov.nl/regulation/excise-duty-consumption-tax/> Acessado em jun 2017.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

NOVACANA. NOVCANA DATA. **Dados de produção, moagem e área plantada de cana-de-açúcar no Brasil**. Disponível em: <https://www.novacana.com/data/> Acessado em 30 ago 2018.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Maritime Transport Costs**. Disponível em: < <https://stats.oecd.org/index.aspx?DatasetCode=MTC> > Acessado em dez 2017.

OLIVEIRA, A. L. R. *O sistema logístico e os impactos da segregação dos grãos diferenciados: desafios para o agronegócio brasileiro*. 2011. 79 p. Tese (Doutorado).

OLIVEIRA, A. L. R.. Logística do etanol no Brasil. In: Salles Filho, S.. (Org.). **Futuros do bioetanol: o Brasil na liderança?**. 1ed.Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, v. , p. 55-70, 2015.

OLIVEIRA, A. L. R. O., ALVIM, A. M. The supply chain of Brazilian maize and soybeans: the effects of segregation on logistics and competitiveness. **The International Food and Agribusiness Management Review**, 20 (1): 45-61, 2017.

OLIVEIRA, A., SILVEIRA, J., & ALVIM, A Cartagena Protocol, Biosafety and Grain Segregation: The Effects on the Soybean Logistics in Brazil. **Journal of Agricultural Research and Development**, 2(1), 17-30, 2012.

OLIVEIRA, A.M.K. AND FILHO, J.V.C. (2007) 'Potencial da logística ferroviária para exportação de açúcar em São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodais', **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Vol. 45, No. 4, pp.823–853.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling transport**. 2nd. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

PARIS, Q., DROGUÉ, S., ANANIA,G. Calibrating spatial models of trade. **Econ. Model.**, 28 (6) pp. 2509-2516, (2011).

PAULILLO, L. F. Sobre o desenvolvimento da agricultura brasileira: concepções clássicas e recentes. In: BATALHA, M. O. **Gestão Agroindustrial** v.01. 2009.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J. M. F. J. Análise Exploratória da Eficiência Produtiva das Usinas de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 1, p. 147-166, 2016.

PIACENTE, E. A. *Perspectivas do Brasil no Mercado Internacional de Etanol*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. Dissertação (Mestrado).

POSTAL, A. M. *Acesso à cana-de-açúcar na expansão sucroenergética brasileira pós 2000: O Caso de Goiás*. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2014. 157p. Dissertação (Mestrado).

REJOWSKI, R. J. *Otimização da programação de operações dutoviárias: formulações eficientes e considerações hidráulicas*. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION (RFA). **Monthly U.S. Fuel Ethanol Production/Demand**. Disponível em: <<http://ethanolrfa.org/pages/monthly-fuel-ethanol-production-demand>>. Acesso em 5 ago de 2018.

RUTHERFORD, T. F. Extensions of GAMS for Complementarity Problems Arising in Applied Economics. **Journal of Economic Dynamics and Control**, p. 1299–1324, 1995.

SALVO, A., & HUSE, C. (2013). Build it, but will they come? Evidence from consumer choice between gasoline and sugarcane ethanol. **Journal of Environmental Economics and Management**, 66(2), 251–279. doi:10.1016/j.jeem.2013.

SAMUELSON, P.A. Spatial Price Equilibrium and Linear Program. **American Economic Review**, v.42, 1952, p.283-303.

SANDRONI, Paulo. **Dicionário de economia do século XXI**. 4ª edição. Ed. Record. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

SANTOS, J.; AGUIAR, D.; FIGUEIREDO, A. Assimetria na Transmissão de Preços e Poder de Mercado: o caso do mercado varejista de etanol no estado de São Paulo. **RESR, Piracicaba-SP**, Vol. 53, Nº 02, p. 195-210, Abr/Jun .

SANTOS, S. R. S. A Nova Economia Institucional. *In*: Seminário Temático Do Núcleo De Estudos Em Sociologia Econômica E Das Finanças, 1., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2007.

SERIGATI, F.; AZEVEDO, P. F.; MARGARIDO, M. A. How integrated are the main markets of ethanol. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 40., 2012, Recife-PE. Anais eletrônicos... Recife-PE, 2012.

SHIKIDA, P.; BACHA, C. **Evolução diferenciada da agroindústria canavieira brasileira de 1975 a 1995**. Cascavel, PR: Edunioeste, 1998. 69-89

SILVEIRA, F. G. **O Trabalho Agrícola no Boom do Agronegócio e na Expansão das Políticas para a Pequena Agricultura**. Nota Técnica, Mercado de Trabalho - IPEA, nº 63, out de 2017, p.27 -38.

SILVEIRA, J. M. F. J. Inovação tecnológica na agricultura, o papel da biotecnologia agrícola e a emergência de mercados regulados. *In*: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010. 298 p.

SINDICOM – **Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes**. 2010. Disponível em: <<http://www.sindicom.com.br>>. Acesso em: 08/09/2018.

SOUZA, J. P. *Impactos da facilitação sobre o fluxo de comércio internacional: evidências do modelo gravitacional*. 106 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2009.

SOUZA, M. J. P.; BURNQUIST, H. L. Facilitação de comércio e impactos sobre o comércio bilateral. **Estudos Econômicos**, v. 41, n. 1, p. 91-118, 2011.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 5, n. 11, p.57-79, 1991.

TAKAYAMA, T. AND JUDGE, G.G. Spatial Equilibrium and Quadratic Programming. **Journal of Farm Economics**, 46, 67-93. 1964.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G.G. Spatial and Temporal Price and Allocation Models. Amsterdam: **North Holland Publishing Co.**, 1971.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Histórico de produção e moagem**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2>>. Acesso em 3 jun de 2017.

VARIAN, Hal. R. Utilidade. In “**Microeconomia: uma abordagem moderna**”, 8 ed. Rio de Janeiro, Elsevier. Cap. 4, p. 57. 2012.

VIAN, C. E. F. *Inércia e Mudanças Institucional: Estratégias Competitivas do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Centro-Sul do Brasil*. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2002. Tese (Doutorado).

VON OPPEN, M. e SCOTT, J. T. A spatial equilibrium model for plant location and interregional trade. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 58, n. 3, 1976, p. 437-445.

WAQUIL, P. D. O setor agrícola na Área de Livre Comércio das Américas: desafios da integração regional. **Análise Econômica**, Porto Alegre : UFRGS/FCE, n. 34, p. 57-74, 2000.

WAQUIL, P.D.; COX, T.L. Spatial Equilibrium with Intermediate Products: Implementation and Validation in the MERCOSUL. **Agricultural Economics**, Staff Paper Series, n. 388, 1995.

WEDEKIN, I. Gerenciamento do risco no agronegócio. In: BUANAIN, A. M.; VIEIRA, P. A.; CURY, W. J. M. (Org.). **Gestão do risco e seguro na agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Funenseg, 2011. p. 47-55.

YANG C. W.; HWANG M. J.; SOHNG S. N. The Cournot competition in the spatial equilibrium model. **Energy Economics**, v. 24, 2002, p.139-154.

ZAH, R., RUDDY, T.F. International trade in biofuels: an introduction to the special issue. **J. Clean. Prod.** 17 (9), S1–S3, 2009.

ZILBERMAN, D.; GAL H.; DEEPAK R.; SEXTON S.; TIMILSINA G. The Impact of Biofuels on Commodity Food Prices: Assessment of Findings. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 95, No. 2, pp. 275-281. 2013.

ZYLBERSZTAJN, D. Economia das organizações. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M.F.(Orgs.) **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000, p. 23-38.

ZYLBERSZTAJN, D. Papel dos contratos na coordenação agro-industrial: um olhar além dos mercados. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília , v. 43, n. 3, Set. 2005.

ANEXOS**Cenário 1 - Cenário com aumento de 20% no custo de transporte (em mil m³)**

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1			2.969,58	
Macro 2			749,21	
Macro 3		1.690,21		
Goiás	1.551,93		1.547,13	
Mato Grosso do Sul		2.451,63		
Minas Gerais	402,31			
Subtotal	551,93	4.141,84	5.265,92	
Total			10.959,69	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 3	529,94	14,35	216,80	
Goiás	83,17			19,71
Subtotal	613,11	14,35	216,80	19,71
Total				863,97
Total cenário				11.823,66

Cenário 1 - Cenário base com redução de 20% no preço do transporte (em mil m³)

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1	743,00	1.275,44		
Macro 2	756,08			
Macro 3	2.476,68			
Goiás		625,44	2.612,23	
Minas Gerais		405,96		
Subtotal	3.975,76	2.306,85	2.612,23	
Total			8.894,84	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 10	637,84		257,67	84,64
Mato Grosso do Sul		2.513,98		
Subtotal				3.494,13

Total				12.388,97
Total cenários				12.275,21

Cenário 2 - Cenário com aumento de 20% das tarifas comerciais

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1			2.865,34	
Macro 2			722,87	
Macro 3		1.518,81		
Goiás	1.478,14		1.150,55	
Mato Grosso do Sul		2.365,01		
Minas Gerais	388,24			
Subtotal	1.866,38	3.883,83	4.738,76	
Total			10.488,97	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 3	624,25	10,33	211,52	
Goiás	448,40			12,35
Subtotal	1.072,65	10,33	211,52	12,35
Total				1.306,85
Total cenário				11.795,82

Cenário 2 – Cenário com redução de 20% das tarifas comerciais (em mil m³)

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1		868,72		
Macro 2	789,50			
Macro 3	1.792,45		793,66	
Goiás		1.290,10	2.090,89	
Mato Grosso do Sul	2.587,62			
Minas Gerais		423,98		
Subtotal	5.169,56	2.582,80	2.884,55	
Total			10.636,92	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 1	370	0,002	0,07	1.892,08
Total				2.262,30
Total cenário				12.899,22

Cenário 3 - Cenário com aumento de 20% das tarifas de transporte e comerciais

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1			2.853,66	
Macro 2			720,53	
Macro 3		1.919,22		
Goiás	911,95		1.828,51	
Mato Grosso do Sul		2.355,67		
Minas Gerais	386,91			
Subtotal	1.298,86	4.274,89	5.402,69	
Total			10.976,44	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 3	372,76	2,20	60,17	
Goiás	330,91			2,17
Subtotal	703,68	2,20	60,17	2,17
Total				768,23
Total cenário				11.744,67

Cenário 3 - Cenário com redução de 20% das tarifas de transporte e comerciais

Mercado interno				
Origem/Destino	Nordeste	Sul	Rio de Janeiro	
Macro 1	1.973,14	502,94		
Macro 2	793,29			
Macro 3	2.598,87			
Goiás		1.138,43	2.259,64	
Mato Grosso do Sul	2.601,16			
Minas Gerais		425,87		
Subtotal	7.966,46	2.067,23	2.259,64	
Total			12.293,33	
Mercado externo				
	Estados Unidos	Holanda	Coréia do Sul	Resto do Mundo
Macro 1	327,55	0,00166	0,0671	341,81
Total				669,42
Total cenário				12.962,76