



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**

**Estímulo ao Etanol de Segunda Geração  
como Contribuição à Mitigação do Gap  
Energético do Ciclo-Otto**

**Gustavo Luís de Souza Motta**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS**

**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental  
nos Setores Energético e Mineral

Rio de Janeiro, junho de 2017.



**Gustavo Luís de Souza Motta**

**Estímulo ao Etanol de Segunda Geração como  
Contribuição à Mitigação do Gap Energético do Ciclo-Otto**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, apresentada ao programa de pós-graduação lato sensu em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral.

Orientador: Clarice Campelo de Melo Ferraz

Rio de Janeiro, junho de 2017.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina.

Aos professores da PUC-Rio pelo empenho, pelo alto nível das aulas ministradas e pela enriquecedora troca de experiências proporcionada ao longo do curso, o meu sincero obrigado. À minha esposa Daniela e aos meus filhos Guilherme e Gabriela, pela paciência e compreensão com as minhas ausências para realizar este curso, minha eterna gratidão.

## Resumo

MOTTA, Gustavo Luís de Souza. FERRAZ, Clarice Campelo de Melo. Estímulo ao Etanol de Segunda Geração como Contribuição à Mitigação do Gap Energético do Ciclo-Otto. Rio de Janeiro, 2017. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os biocombustíveis possuem posição de destaque na matriz de combustíveis, pois apresentam externalidades positivas. O etanol tem dado substancial contribuição ao combate à dependência externa de combustíveis, o que trouxe mais segurança ao abastecimento nacional. Essa intervenção estatal no domínio econômico foi fundamental, pois havia (e ainda há) dificuldades estruturais no investimento em infraestrutura no setor. Projeções do MME dão conta de um cenário de crescente importação de gasolina. Isso porque o país não tem conseguido produzir a quantidade necessária de combustíveis para fazer face ao consumo atual e futuro.

Esse cenário foi chamado de *gap* energético do Ciclo-Otto. Desde que se incentive seu uso e o seu desenvolvimento, o Brasil tem potencial para alcançar o patamar de produção anual de 10 bilhões de litros de etanol de segunda geração (E2G) em 2025 ante ao *gap* projetado de 26 bilhões de litros em 2023. Mesmo que o E2G não tenha potencial para cobrir todo o *gap* projetado, seria interessante que o uso e o desenvolvimento desse paradigma tecnológico fossem incentivados pelo Estado brasileiro. Poderiam ser adotadas regulações no sentido de se criar mandato específico para o E2G, de se diferenciar tributariamente o E2G ou de se criar metas de redução de emissões de GEEs. O reconhecimento da capacidade dos biocombustíveis para promover a redução de emissões do setor de combustíveis seria capaz de contribuir decisivamente para o desenvolvimento de instrumentos que permitam a precificação das externalidades existentes nesse mercado, o que valorizaria a produção de combustíveis cada vez mais sustentáveis. Isso deverá aumentar a competitividade do setor, contribuindo para a redução do *gap* energético da matriz de combustíveis do Ciclo-Otto, com reflexos positivos para a economia, para o meio ambiente e para o bem-estar da sociedade.

Palavras-chave: biocombustíveis, externalidades, Ciclo-Otto, etanol de segunda geração, *gap* energético.

## Abstract

MOTTA, Gustavo Luís de Souza. FERRAZ, Clarice Campelo de Melo. Second Generation Ethanol Encouragement as Contribution to the Mitigation of the Otto Cycle Energy Gap. Rio de Janeiro, 2017. 43 p. Course Completion Work – Specialization Course in Public Policies and Governmental Management in the Energy and Mineral Sectors – Business Department. Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

Biofuels have a prominent position in the fuel matrix, since they have positive externalities. Ethanol has made a substantial contribution to combating external dependence on fuels, which has brought greater security of the national supply. This state intervention in the economic domain was fundamental, as there were (and still are) structural difficulties in investing in infrastructure in the sector. Projections from the MME account for a scenario of increasing imports of gasoline. This is because the country has not been able to produce enough fuel to meet current and future consumption. This scenario has been called the Otto Cycle energy gap. As long as its use and development are encouraged, Brazil has the potential to reach the annual production of 10 billion liters of second-generation ethanol (2G) in 2025 compared to the projected gap of 26 billion liters in 2023. Even though 2G has no potential to cover the entire projected gap, it would be interesting that the use and development of this technological paradigm should be encouraged by the Brazilian State. Regulations could be adopted to create a specific mandate for 2G, to differentiate 2G from taxation, or to create targets for reducing GHG emissions. The recognition of the ability of biofuels to promote the reduction of emissions from the fuel sector would be able to contribute decisively to the development of instruments that allow the pricing of externalities existing in that market, which would enhance the production of increasingly sustainable fuels. This should increase the sector's competitiveness, contributing to the reduction of the energy gap of the Otto Cycle fuel matrix, with positive effects on the economy, the environment and the well-being of society.

Key-words: Biofuels, externalities, Otto Cycle, second generation ethanol, energy gap

## Sumário

1 Introdução	1
1.1. Objetivo Final	4
1.2. Objetivos Intermediários	4
1.3. Delimitação do Estudo	5
1.4. Relevância do Estudo	5
2 Metodologia	8
3 Descrição do Problema	9
4 Incentivos Regulatórios para o E2G	16
4.1. Criação de mandato específico para o E2G	18
4.2. Diferenciação tributária do E2G	21
4.3. Metas de redução de emissões de GEEs	24
5 Conclusão	30
6 Bibliografia	32

## Lista de figuras

Figura 1 - Desafio do Ciclo-Otto .....	9
Figura 2 - Licenciamento de veículos leves .....	10
Figura 3 - Evolução da participação do etanol na matriz de combustíveis (Ciclo-Otto) .....	11
Figura 4 - Evolução da diferenciação tributária entre etanol e gasolina .....	11
Figura 5 - Custo de produção do etanol hidratado e o preço da gasolina nas refinarias brasileiras (junho 2015).....	12
Figura 6 - Endividamento e Receita do Setor Sucroenergético da Região Centro-Sul e Câmbio .....	13
Figura 7 - Evolução da produtividade agrícola entre 1975 e 2012 .....	14
Figura 8 - Projeção da oferta de etanol .....	17
Figura 9 - Mandato RenovaBio.....	27

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dependência externa de petróleo e seus derivados – 2006-2015 .....	9
Tabela 2 - Produtividade média e crescimento de produtividade da cana-de-açúcar (1975-2012) .....	14
Tabela 3 - Potencial de Produção de E2G no Brasil (bilhões de litros) por tipo de investimento .....	17



## 1 Introdução

Energia é um insumo indispensável ao desenvolvimento econômico. Desde a Segunda Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século XIX, quando se fala em energia para os transportes, os principais combustíveis utilizados são a gasolina, o diesel e o gás natural, todos advindos do petróleo.

De acordo com o anuário internacional de energia (EIA 2016), o petróleo e outros combustíveis líquidos são a fonte dominante de energia de transporte no mundo. Durante o período de projeção do anuário, sua participação se reduz, passando de 96%, em 2012 para 88%, em 2040, o que mostra os combustíveis fósseis continuarão a ser a principal fonte de energia para o setor.

O espaço resultante desse declínio vem sendo preenchido por fontes alternativas, como os biocombustíveis e o uso eletricidade, mas ainda em reduzida escala.

Até os anos 1970, o Brasil era extremamente dependente das importações de petróleo e derivados para seu abastecimento. O Choque do Petróleo de 1973, assim como o 1979, trouxe endividamento para o Brasil, mas também novos horizontes. A necessidade de redução de gastos com esse insumo viabilizou políticas públicas para “energias alternativas”<sup>1</sup>. Essa denominação se deve à vinculação ao petróleo, ou seja, eram políticas que visavam a pesquisas e à implementação de programas e projetos destinados a desenvolver e ampliar outras fontes de energia, com a consequente redução da dependência do óleo importado.

Assim, naquele momento, em pleno período do Estado Empreendedor, justificou-se a intervenção do Estado no domínio

---

<sup>1</sup> Segundo o Dicionário Oxford, energia alternativa é aquela que não utiliza os recursos naturais da terra ou prejudica o meio ambiente, especialmente evitando o uso de combustíveis fósseis ou energia nuclear. Segundo Severino (2010), a definição de fontes alternativas reforça a ideia de fonte de energia relativamente nova, tradicionalmente não utilizada. Uma opção fora das ideias convencionais, em substituição ao sistema estabelecido. Deve levar em conta também a localidade, pois uma energia pode ser convencional para um país e ser alternativa em outro.

econômico, para desenvolver fontes substitutas ao petróleo que trouxessem mais segurança ao abastecimento, e também porque havia (e ainda há) dificuldades estruturais no investimento em infraestrutura.

Na linha de frente ao combate a essa dependência, surgiram, igualmente, iniciativas no setor elétrico, como, por exemplo, o início da construção das usinas hidroelétricas de Itaipú e Tucuruí e das nucleares Angra I e II. No Setor de Petróleo e Gás, houve a implementação dos chamados “Contratos de Risco”, que se destinavam a atrair empresas para explorar petróleo no país, e, no Setor Agrícola, houve o desenvolvimento do Proálcool.

O Proálcool foi um programa bem-sucedido lançado em 1975 para promover a substituição em larga escala dos derivados de petróleo, especialmente a gasolina, utilizada por veículos leves que utilizam os motores de combustão interna do chamado Ciclo-Otto. O programa contribuiu para a redução da dependência externa de divisas quando dos choques do preço do petróleo.

Mais recentemente, outros “choques” relacionados ao petróleo têm criado novas oportunidades para o desenvolvimento de energias alternativas. As crescentes preocupações com o meio-ambiente, os reflexos econômicos das grandes flutuações do preço internacional do petróleo e a dependência do fornecimento deste produto a partir de regiões geopoliticamente problemáticas fazem com que a principal alternativa aos combustíveis fósseis, os biocombustíveis, permaneçam em posição de destaque no que diz respeito ao incentivo por meio de políticas públicas.

Como são produzidos internamente e apresentam taxas de emissão de poluentes menores, os biocombustíveis apresentam externalidades positivas. Há externalidades quando o consumo e a produção de um determinado bem afetam o bem-estar de terceiros, sendo que esse impacto não é considerado no preço de mercado desse bem. Se o impacto é danoso, tem-se uma externalidade negativa. Do contrário, ocorre uma externalidade positiva.

Dessa forma, como os benefícios sociais e ao meio ambiente advindos da produção e do consumo de biocombustíveis são superiores aos benefícios privados em comparação à produção e ao consumo de combustíveis fósseis, o bem-estar gerado à sociedade pela ampliação daqueles justifica a ação estatal neste sentido.

O etanol foi o primeiro biocombustível a ser incentivado em larga escala no Brasil. Entretanto, após anos de investimento em produtividade, o processo produtivo desse combustível alternativo no país vem apresentando ganhos decrescentes. Por outro lado, apresenta também uma boa oportunidade para renovar seu desenvolvimento com a utilização da biotecnologia, por meio da utilização do etanol celulósico, mais conhecido como etanol de segunda geração (E2G).

O E2G é produzido a partir de material lignocelulósico (MLC) proveniente da biomassa. Nas últimas décadas, diversas fontes lignocelulósicas vêm sendo estudadas para a produção de E2G, tais como palha de milho, de trigo e de arroz, resíduos de cana-de-açúcar, bagaço de sorgo sacarino, gramíneas e resíduos florestais. No Brasil, pelo fato de ser a matéria-prima predominante na produção do etanol de primeira geração (E1G), a cana-de-açúcar tem sido o foco dos principais estudos para a produção de E2G (Milanez *et. al*, 2015).

O E2G é uma molécula igual à do etanol de primeira geração, porém produzida a partir do bagaço da cana-de-açúcar, que normalmente é quase todo descartado.

Conforme esclarece Nyko (2010), apesar de já ter demonstrado competência em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) de etanol de primeira geração, o Brasil tem novos desafios científicos e tecnológicos, que devem ser superados para também conquistar a eficiência produtiva do etanol celulósico. Além disso, Nyko demonstra que o apoio governamental à etapa industrial do E2G é menor que o apoio à da primeira geração, em grande parte já consolidada.

Dessa forma, este trabalho pretende identificar oportunidades para a intervenção do Estado no domínio econômico que permitam acelerar o desenvolvimento do E2G no Brasil como forma de se acelerar a ampliação de sua participação na matriz de combustíveis de transportes no país.

O caso a ser analisado é o que vem sendo chamado de “*gap* energético do Ciclo-Otto”. Esse *gap* se caracteriza pela projeção de um cenário de crescente importação de gasolina, com impactos negativos à segurança do abastecimento, à balança comercial e também ao meio ambiente, afetando negativamente o nível de bem-estar da sociedade.

A partir da identificação desse problema, o presente trabalho sugere medidas regulatórias para o setor de combustíveis, de modo que o Estado possa incluir incentivos à produção e incentivar a inovação, por meio da adoção de políticas públicas que promovam o desenvolvimento e o uso do E2G como opção para contribuir para a cobertura desse *gap*.

### **1.1. Objetivo Final**

Identificar oportunidades para a intervenção do Estado no domínio econômico que permitam acelerar o desenvolvimento do E2G no Brasil e sugerir mudanças no marco regulatório do setor de modo a incluir incentivos à produção e incentivar a inovação, por meio da adoção de políticas públicas que promovam o desenvolvimento e o uso do E2G como opção para contribuir para a cobertura do “*gap* energético do Ciclo-Otto”.

### **1.2. Objetivos Intermediários**

Delinear a situação atual da matriz de combustíveis do Ciclo-Otto, levantar informações sobre o atual estágio de desenvolvimento tecnológico da produção de etanol de primeira e de segunda geração e identificar qual seria o nível de contribuição do E2G para a mitigação do *gap* energético desse ciclo.

### 1.3. Delimitação do Estudo

Este estudo tem por foco a análise da demanda e da oferta interna de combustíveis do Ciclo-Otto, bem como suas projeções e o potencial do E2G na contribuição para a mitigação do *gap* energético desse ciclo. Visa levantar possibilidades de desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento e uso dessa tecnologia para essa finalidade, com vistas à antecipação de sua entrada firme na matriz de combustíveis desse ciclo, de forma a reduzir progressivamente a projetada necessidade de importação de gasolina.

### 1.4. Relevância do Estudo

A importância da expansão do E2G no Brasil reside em dois pontos extremamente sensíveis e caros a todos os países: segurança energética e meio ambiente. Uma boa gestão desses gera efeitos positivos que transbordam diretamente para toda a economia do país.

No que se refere à segurança energética, os chamados biocombustíveis de segunda geração apresentam um grande potencial de contribuição para a segurança no abastecimento dos combustíveis líquidos demandados internamente, reduzindo assim a necessidade de importação.

No caso do etanol de segunda geração (E2G), ao demandar menor quantidade de área para o plantio de suas matérias primas e aproveitar melhor o material orgânico produzido, estima-se que sua produtividade seja até 50% superior à do etanol de primeira geração produzido atualmente (Milanez *et. al*, 2015).

Além disso, um estudo da a Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento - UNCTAD (2016), com base em trabalho de Milanez *et al* (2015), avalia que, com a introdução de novas políticas públicas voltadas para a difusão do E2G, seria possível viabilizar a

combinação de investimentos em adaptações de usinas de etanol existentes para passarem a produzir E2G, em expansão de usinas para associar a produção de primeira geração com o E2G e na construção de novas usinas voltadas exclusivamente para essa tecnologia de produção. Segundo o estudo, esses investimentos seriam capazes de adicionar anualmente dez bilhões de litros de etanol à produção nacional até 2025. Ainda segundo o estudo, isso representaria um acréscimo de cerca de 36% em relação à produção de 2016, quando foram produzidos pouco mais de 28 bilhões de litros de etanol.

Esse acréscimo na produção de etanol poderia representar uma redução de igual volume nas importações de gasolina, o que teria impacto positivo na balança comercial, haja vista a menor necessidade de divisas para garantir o abastecimento. Além disso, haveria menor exposição do país à volatilidade dos preços internacionais do combustível fóssil importado.

No caso do E2G, também é importante considerar a dimensão ambiental. Sua produção gera impactos ambientais consideravelmente menores do que os de seus substitutos de origem fóssil ou mesmo os de outros biocombustíveis menos avançados. Considera-se que o desenvolvimento da produção e do uso do E2G pode contribuir significativamente para o combate às mudanças climáticas (Milanez *et. al*, 2015). Assim, o E2G pode ser de fundamental ajuda para o cumprimento do compromisso voluntário do Brasil na COP21<sup>2</sup>, oficializado em setembro de 2016, com a ratificação do Acordo de Paris pelo Brasil, de reduzir emissões de carbono.

---

<sup>2</sup> A Conferência das Partes (COP), constituída por todos os Estados Partes, é o órgão decisório da Convenção-Quadro das Nações Unidas (ONU) sobre a Mudança do Clima, também conhecida como UNFCCC (do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*). Reúne-se a cada ano em uma sessão global onde as decisões são tomadas para cumprir as metas de combate às mudanças climáticas. As decisões só podem ser tomadas por unanimidade pelos Estados Partes ou por consenso. A COP realizada em Paris, França, entre 30 de novembro e 11 de dezembro de 2015 foi a 21ª Conferência das Partes (COP-21) da UNFCCC e a 11ª Reunião das Partes no Protocolo de Quioto (MOP-11) (ONU 2015).

Como parte do acordo, a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) pelo Brasil prevê “aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, **aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração)**, e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel” (grifou-se).

Não menos importante, a questão ambiental também afeta diretamente a economia, pois um meio ambiente mais poluído tem impactos significativos nos gastos fiscais em saúde do Estado brasileiro. O Instituto Saúde e Sustentabilidade realizou, em 2014, um estudo sobre a matriz energética de transporte, visando avaliar os impactos na saúde pública e sua valoração. Os resultados mostraram que, caso a poluição no setor de transporte se mantenha nos patamares de hoje, estima-se, até 2030, o número total de 250 mil óbitos (aproximadamente, 35 mortes ao dia) e um milhão de internações, com dispêndio público de mais de 1,5 bilhão de reais a preços de 2011 no Estado de São Paulo (SALDIVA 2015).

Assim, tem-se que o E2G pode representar para o país uma boa contribuição para questões de suma importância, como segurança energética, meio ambiente e saúde, com potencial para a redução dos gastos do governo nesta área e para, de modo geral, gerar externalidades positivas para toda a economia. Justifica-se, portanto, o desenvolvimento do E2G no país.

## **2 Metodologia**

Este trabalho é realizado por meio de revisão da literatura e da utilização e avaliação dos dados disponíveis sobre o setor de combustíveis.



### 3 Descrição do Problema

O Brasil não tem conseguido produzir a quantidade necessária de combustíveis para fazer face à demanda interna. Conforme se verifica no Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2016 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), o Brasil tem registrado recorrente dependência externa de petróleo e seus derivados (Tabela 1).

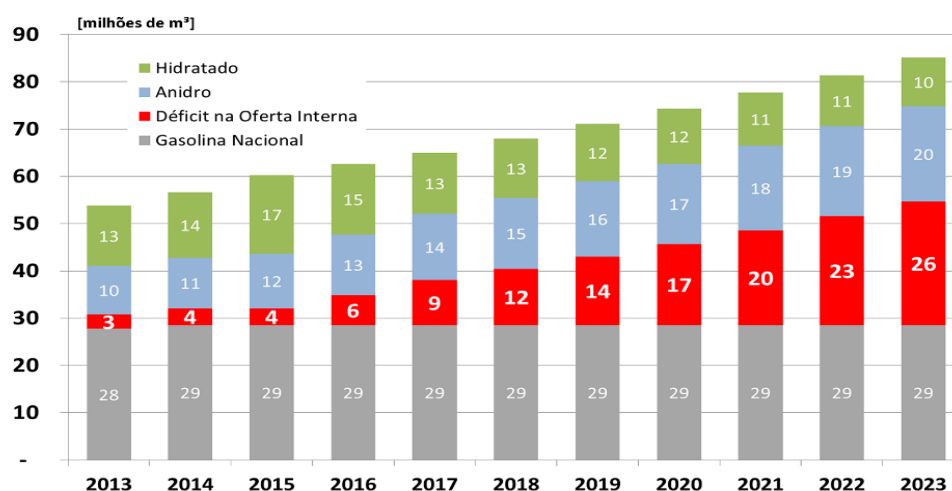
**Tabela 1 - Dependência externa de petróleo e seus derivados – 2006-2015**

ESPECIFICAÇÃO	DEPENDÊNCIA EXTERNA DE PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS (MIL M³/DIA)									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Produção de petróleo (a) <sup>1</sup>	287,6	291,4	301,9	322,6	339,8	348,6	341,7	336,1	373,0	401,8
Importação líquida de petróleo (b) <sup>2</sup>	-1,2	2,5	-3,9	-21,1	-46,5	-43,4	-37,6	1,6	-19,7	-65,6
Importação líquida de derivados (c)	-9,0	-4,6	5,3	2,1	37,2	46,0	33,6	45,3	47,6	33,5
Consumo aparente (d)=(a)+(b)+(c)	277,4	289,3	303,3	303,7	330,5	351,3	337,6	383,1	400,9	369,7
Dependência externa (e)=(d)-(a)	-10,2	-2,1	1,4	-18,9	-9,3	2,7	-4,1	46,9	27,9	-32,1
<b>Dependência externa (e)/(d) %</b>	<b>-3,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>-6,2</b>	<b>-2,8</b>	<b>0,8</b>	<b>-1,2</b>	<b>12,3</b>	<b>7,0</b>	<b>-8,7</b>

Fonte: ANP, Anuário Estatístico 2016, Tabela 2.56, p. 133

As projeções oficiais dão conta de que essa dependência tende a aumentar, especialmente no setor de transportes. Em apresentação proferida pelo Ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga, na Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado Federal em 8 de abril de 2015, verifica-se a projeção de um déficit crescente na oferta interna de combustíveis do Ciclo-Otto, chegando a uma necessidade de importação da ordem de 26 bilhões de metros cúbicos em 2023 (Figura 1).

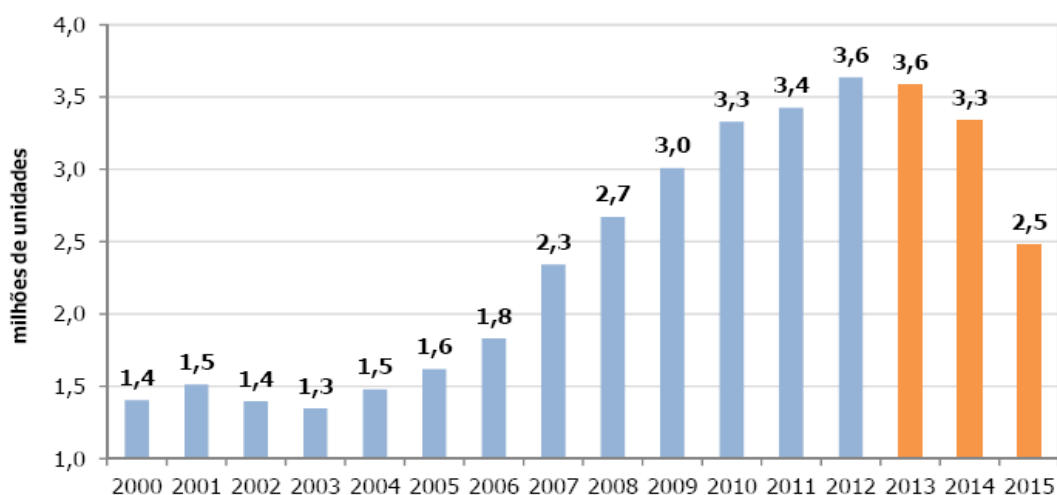
**Figura 1 - Desafio do Ciclo-Otto**



Fonte: MME, 2015:41

Nos últimos dez anos, o setor de combustíveis líquidos do Brasil passou por mudanças significativas. O grande aumento da frota de veículos leves (Figura 2), impulsionado pela política econômica expansionista iniciada no governo Lula, levou a um considerável aumento do consumo de combustíveis, demanda esta atendida em grande parte por meio do aumento da produção interna de etanol (Milanez *et. al*, 2015).

**Figura 2 - Licenciamento de veículos leves**



Fonte: EPE, 2016:18

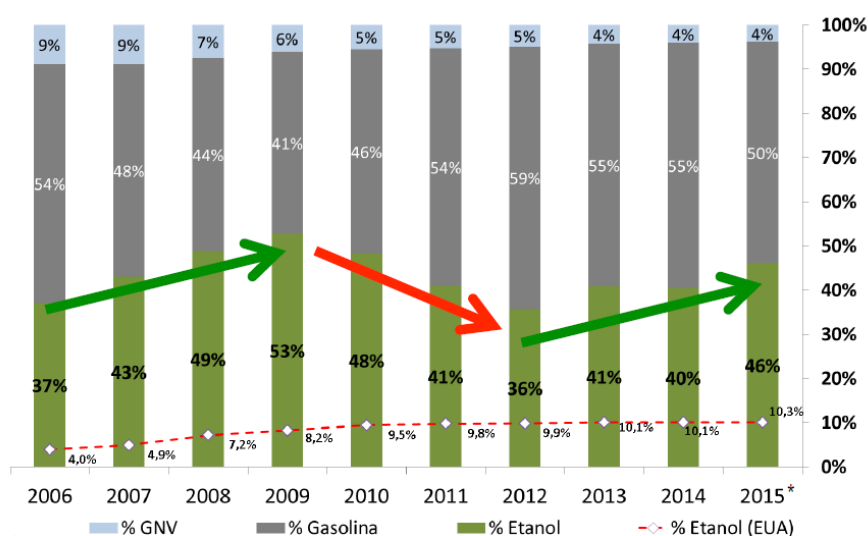
Contudo, os elevados custos de produção inviabilizam maior participação do etanol na matriz de combustíveis (Ciclo-Otto).

Em participação no Ethanol Summit (São Paulo, 2015), Ricardo Dornelles, então diretor do Departamento de Combustíveis Renováveis do MME, apresentou a estimativa de que 75% da renda do setor estariam comprometidos com a produção da principal matéria-prima, a cana-de-açúcar. Esses gastos envolvem a remuneração da terra, a obtenção de sementes e o pagamento de seus royalties, as despesas com fertilizantes e defensivos, a mão-de-obra, o custo de oportunidade com relação a outras commodities agrícolas, entre outros. Somente os demais 25% dessa renda seriam destinados ao pagamento de custos administrativos e industriais e, por fim, à remuneração investimento.

Dornelles também analisou a participação do etanol total (anidro e hidratado) na matriz de combustíveis (Ciclo-Otto), o que revelou

momentos de expansão e de contração, a depender da conjuntura econômica vivida pelo mercado, oscilando entre 37 e 50%, de 2006 a 2015, como mostra a Figura 3.

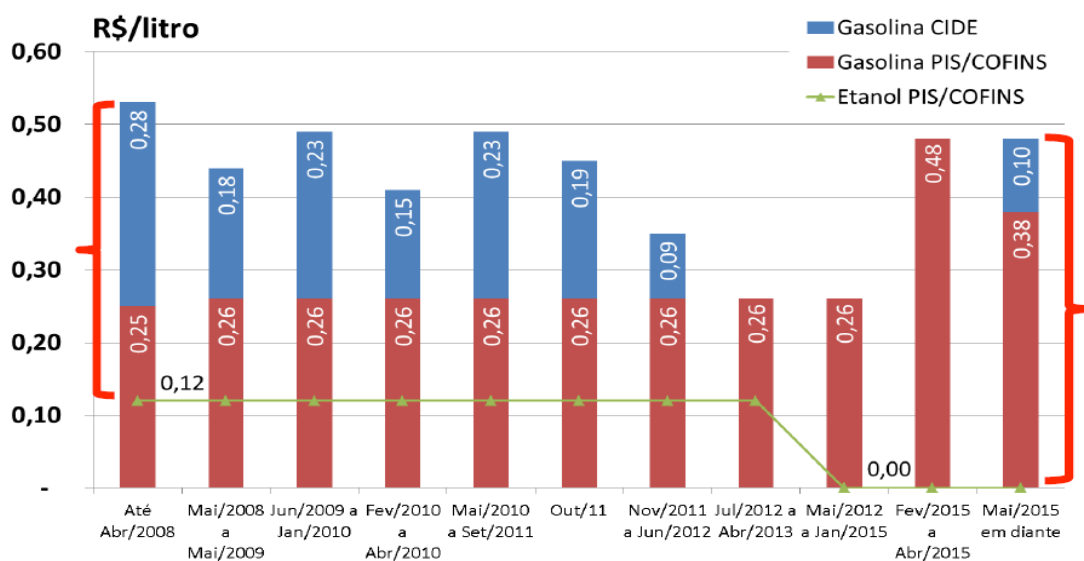
**Figura 3 - Evolução da participação do etanol na matriz de combustíveis (Ciclo-Otto)**



Fonte: DORNELLES, 2015:6

O Diretor afirmou ainda que, mesmo com a gasolina nacional em paridade com o mercado internacional, e apesar da política tributária federal favorável ao etanol (Figura 4), metade do etanol produzido no Brasil não é competitivo.

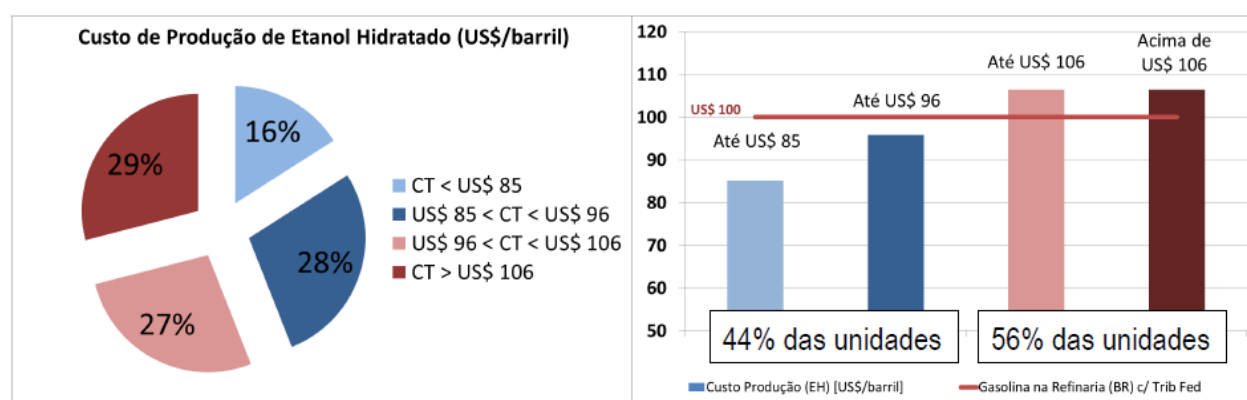
**Figura 4 - Evolução da diferenciação tributária entre etanol e gasolina**



Fonte: DORNELLES, 2015:8

Por fim, o Dornelles afirmou que 56% das unidades produtoras de etanol têm custos de produção maiores do que o valor de venda da gasolina nas refinarias brasileiras, já considerados os tributos federais (Figura 5).

**Figura 5 - Custo de produção do etanol hidratado e o preço da gasolina nas refinarias brasileiras (junho 2015)**



Fonte: DORNELLES, 2015:7

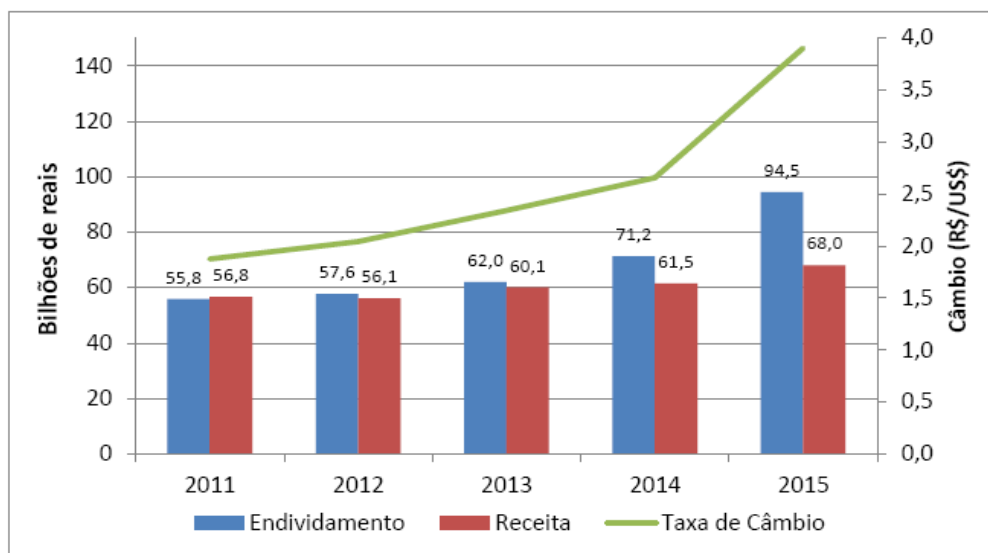
Além disso, o setor sucroalcooleiro, foi severamente impactado pela crise mundial de 2008<sup>3</sup>. Como agravante, a desvalorização do real frente ao dólar ocorrida a partir de 2011, acentuada em 2014, foi um fator determinante para que muitas empresas entrassem com pedido de recuperação judicial, pois suas dívidas haviam sido contraídas, predominantemente, nesta moeda. Esse cenário vem inibindo o investimento em novas usinas e tem impacto negativo na oferta de etanol.

Isso fica claro na Figura 6, na qual há uma comparação entre a evolução da taxa de câmbio e a relação endividamento/receita do setor sucroenergético da região Centro-Sul do país, que concentra a maior

<sup>3</sup> A crise financeira internacional, originada em meados de 2007 no mercado norte-americano de hipotecas de alto risco (*subprime*), adquiriu proporções tais que acabou por se transformar, após a falência do banco de investimentos Lehman Brothers, numa crise sistêmica. O desenrolar da crise colocou em xeque a arquitetura financeira internacional, na medida em que explicitou as limitações dos princípios básicos do sistema de regulação e supervisão bancária e financeira atualmente em vigor, bem como pôs em questão a sobrevivência de um perfil específico de instituições financeiras (FAHRI *et al* 2009).

parte da produção nacional. Em 2011, a receita superava o endividamento em cerca de 1 bilhão de reais. Contudo, à medida que o real se desvalorizou frente ao dólar americano, o endividamento passou a superar a receita em proporção semelhante.

**Figura 6 - Endividamento e Receita do Setor Sucroenergético da Região Centro-Sul e Câmbio**



Fonte: EPE, 2016:7

Dessa forma, a crescente frota de veículos leves passou a consumir mais gasolina, o que levou ao aumento da importação do combustível fóssil, uma vez que a capacidade de refino permaneceu limitada no Brasil. A falta de expansão do refino se explica pelo fato de as novas refinarias em construção no país concentraram-se mais na produção de diesel e de outros derivados de maior valor agregado. Isso explica os aumentos expressivos na importação de gasolina verificados na Tabela 1 (página 11) e a projeção de crescimento dessa importação verificada na Figura 1 (página 12).

Esse cenário é agravado pela estagnação do atual paradigma tecnológico agrícola e industrial do etanol convencional (primeira geração), que permite pouco aumento de produtividade. Por décadas, houve um expressivo ganho de produtividade advindo dos grandes esforços envidados pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Entretanto,

agora esses ganhos parecem se esgotar. Conforme explica Nyco (2013), se, por um lado, é amplamente reconhecido o crescimento de produtividade da cultura da cana desde a criação do Proálcool, por outro, esse crescimento não vem sendo uniforme ao longo do tempo.

A Tabela 2 exibe a evolução dos ganhos de produtividade, desde a criação do Proálcool, em 1975, até 2012. Há decréscimo das taxas de crescimento a cada período analisado, o que produz o alerta sobre o desempenho recente da inovação agrícola. Ou seja, há crescimento, mas seu ritmo é decrescente.

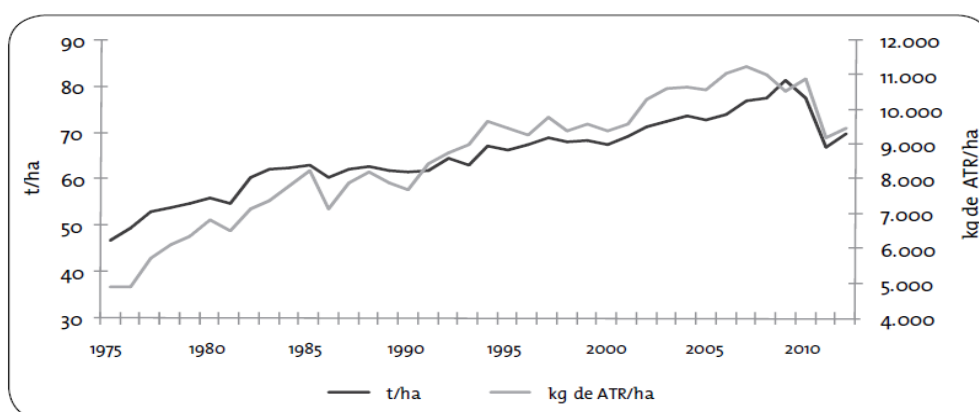
**Tabela 2 - Produtividade média e crescimento de produtividade da cana-de-açúcar (1975-2012)**

Período	Kg de ATR/ha	Crescimento (%)
1975-1984	6.351	-
1985-1994	8.299	30,7
1995-2004	9.810	18,2
2005-2012	10.509	7,1

Fonte: BNDES, NYKO *et al*, 2013:407

Essa queda fica ainda mais nítida se analisada a evolução da produtividade agrícola entre 1975 e 2012, evidenciada na Figura 7. A produtividade agrícola se estagnou e, até mesmo, reduziu-se de maneira surpreendente a partir de 2010.

**Figura 7 - Evolução da produtividade agrícola entre 1975 e 2012**



Fonte: BNDES, NYKO *et al*, 2013:407

Assim, considerando-se a falta de investimentos em transporte público de massa, a ausência de ruptura tecnológica no setor de transportes que diminua drasticamente a demanda por combustíveis líquidos e, caso o patamar de venda de veículos leves permaneça elevado nos próximos anos, como previsto pelos cenários apresentados, a importação de gasolina deverá crescer ainda mais, o que torna indispensável que se busquem meios para se resgatar a atratividade econômica do etanol.

## 4 Incentivos Regulatórios para o E2G

Atualmente, algumas usinas no Brasil já conseguem produzir o E2G. Contudo, o maior desafio é fazê-lo de forma eficiente e competitiva com relação à gasolina. A etapa mais importante da produção desse biocombustível é a utilização de um coquetel enzimático (mistura de enzimas específicas) empregadas para a degradação da parede celular da cana-de-açúcar. O coquetel enzimático, permite que ocorra a liberação do açúcar do bagaço e, posteriormente, a fermentação, resultando na produção do E2G.

Dentre os benefícios do E2G, podem-se citar os seguintes:

- Aproveitamento da cana-de-açúcar e seus subprodutos;
- Utilização de insumos já disponíveis nas unidades, apresentando uma vantagem logística;
- Aumento da produção de etanol em até 50% sem ampliar a área de cultivo, com menor pressão para a expansão agrícola;
- Produção do biocombustível mesmo durante a entressafra da cana; e
- Redução da emissão de carbono durante a produção, gerando um combustível mais limpo.

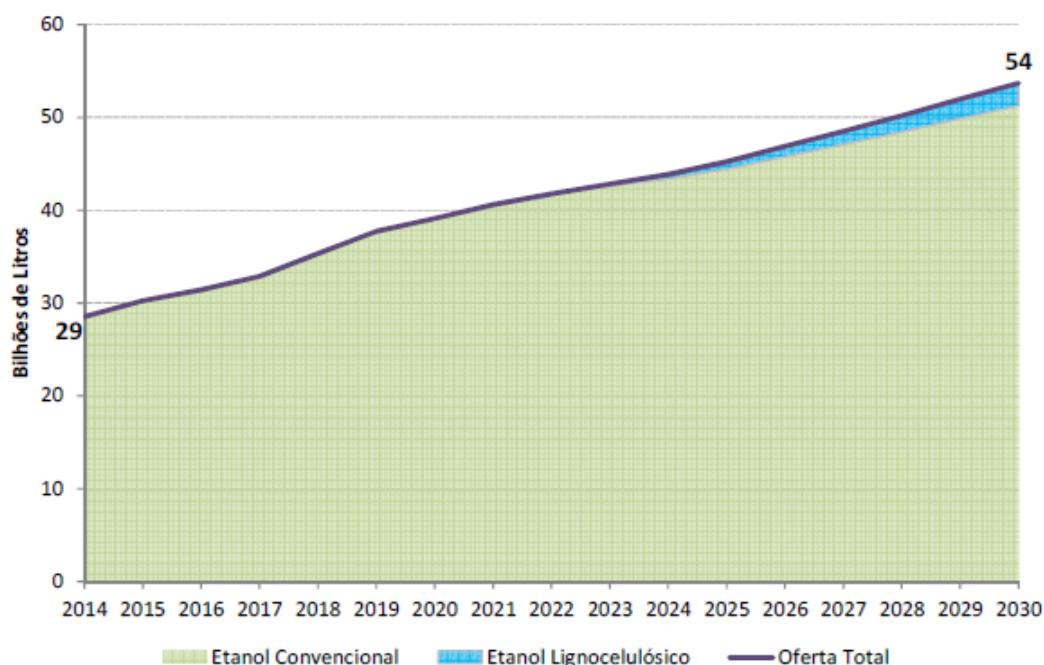
A EPE (2016) estima que a produção de E1G crescerá de 28 bilhões de litros, em 2013, para 51 bilhões de litros, em 2030, enquanto o E2G começará a aparecer em volumes consideráveis a partir de 2023, atingindo 2,5 bilhões de litros no final do período (Figura 8).

Por outro lado, recente relatório da UNCTAD (2016), com base em estudo publicado por Milanez (2015), dá conta de que o Brasil tem potencial para alcançar o patamar de produção anual de 10 bilhões de litros de E2G em 2025. Essa estimativa leva em conta um cenário em que políticas públicas sejam adotadas para incentivar a produção e o consumo de E2G e investimentos realizados de três formas: o redesenho



de usinas de E1G para operar conjuntamente com E2G, a expansão das usinas de E2G existentes e a entrada de novas usinas de E2G (Tabela 3).

**Figura 8 - Projeção da oferta de etanol**



Fonte: EPE, 2016:31

**Tabela 3 - Potencial de Produção de E2G no Brasil (bilhões de litros) por tipo de investimento**

Type of investment	Production potential (billion litres)		
	2016-2020	2021-2025	Total
Retrofit existing mills to 2G ethanol	2.50	2.50	5.00
Expansion of mills with 2G ethanol	0.75	0.75	1.50
New mills with 2G ethanol	0.00	3.50	3.50
Total	3.25	6.75	10.00

Fonte: UNCTAD, 2016:33

Assim, mesmo que o E2G não tenha potencial para cobrir todo o *gap* energético projetado pelo MME, seria interessante que a adoção e o desenvolvimento desse paradigma tecnológico fossem incentivados. Dessa forma, seria possível antecipar a entrada firme desse de

biocombustível na matriz de combustíveis do Ciclo-Otto e, assim, reduzir progressivamente o volume projetado de importação de gasolina.

Dentre as principais propostas que vêm sendo discutidas pelo setor, destacam-se a criação de mandato específico para o E2G, a diferenciação tributária para o E2G e a criação de metas de redução de emissões de GEEs no setor de combustíveis, as quais detalharemos a seguir.

#### **4.1. Criação de mandato específico para o E2G**

No mundo, o incentivo regulatório mais comum utilizado para estimular o uso de biocombustíveis no setor de transportes se dá por meio da adoção de mandatos de mistura dos combustíveis renováveis aos combustíveis fósseis. Ao final de 2015, 32 países e 27 estados ou províncias tinham algum tipo de mandato específico para biocombustíveis. Basicamente, esses mandatos preveem o uso compulsório de combustíveis de primeira geração (REN21 2016: 117).

Alguns países começaram a introduzir também mandatos específicos para combustíveis avançados e E2G. A Itália, por exemplo, fixou meta de mistura de 0,6% de combustíveis avançados até 2018 e de 1% até 2022. Já os Estados Unidos adotaram nacionalmente, em 2015, mandato de 465 milhões de litros de etanol celulósico e de 10,9 bilhões de litros de combustíveis avançados. Para 2016, o mandato norte americano foi de 870 milhões de litros de etanol celulósico e de 7,19 bilhões de litros de combustíveis avançados (REN21 2016: 183).

No Brasil, há somente mandatos para biodiesel e para etanol. No caso do biodiesel, atualmente são adicionados 8% (B8) do biocombustível ao óleo diesel mineral. Após a promulgação da Lei n.º 13.263, de 23 de março de 2016, abriu-se caminho para mistura de até 10% (B10) em até 2019. A norma ainda autoriza o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar a mistura obrigatória para até 15%, caso testes validem a utilização dessa mistura em veículos e motores. Com relação ao etanol,

desde 1998, o Brasil adota mandatos genéricos para a mistura obrigatória de etanol anidro à gasolina, os quais não fazem distinção entre o E1G e o E2G. O primeiro mandato brasileiro para etanol foi estipulado por meio do Decreto n.º 2.607, de 28 de maio de 1998, que fixou a mistura em 24% (E24). Depois disso, essa mistura variou bastante. A Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, permitiu a elevação do limite máximo da mistura para 27,5%. Desde março de 2015, o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA) fixou em 27% (E27) a mistura compulsória à gasolina comum.

No caso do E2G, a criação de mandato específico para esse biocombustível estimularia a demanda ao mesmo tempo em que buscaria reduzir as incertezas de mercado. De fato, a lógica nesse tipo de medida é a formação de um mercado que, com o tempo, tende a se consolidar e se expandir, uma vez que se reserva uma parte deste para esse segmento. Dessa forma, acelerar-se-ia a curva de aprendizado das empresas, além de gerar uma difusão mais rápida dessas novas tecnologias entre os produtores (Milanez *et. al*, 2015).

Uma forma interessante de se estipular um mandato específico para o E2G no Brasil se encontra na adoção de mecanismos similares aos certificados de mistura de biocombustíveis utilizados nos EUA (*Renewable Identification Number – RIN*). Esses certificados conferem a seu proprietário a evidência de que cumpriu a meta de consumo obrigatória estipulada. Basicamente, esses certificados constituem um complexo mecanismo para a implementação dos mandatos. Eles são emitidos no ponto em que o biocombustível é produzido ou importado, baseado no tipo do produto e no volume. Ou seja, o produto é certificado com base na sua tecnologia de produção e seus volumes são registrados. Esse registro gera um número que é reportado à Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA). Quando a propriedade do respectivo volume de biocombustível é transferida, o certificado também é transferido a refinadores, importadores ou misturadores de combustível (distribuidoras), que são obrigados a misturar uma porção do seu suprimento mineral com etanol ou biodiesel. Quando a propriedade dos RINs é transferida, um

documento de transferência de produto é criado e entregue ao novo proprietário. Quando o biocombustível é misturado ao combustível fóssil, a distribuidora retorna os certificados à EPA, para demonstrar que cumpriu com as normas do mandato (Wisner 2009).

Com esse tipo de mecanismo, é possível diferenciar o etanol convencional (E1G) do etanol celulósico (E2G). Assim, a grande vantagem com relação às cotas atualmente adotadas pelo Brasil está na certificação de cada tipo de produto. Isso torna possível a introdução da adição obrigatória de E2G na matriz energética de transportes do Ciclo-Otto, permitindo-se levar em conta as vantagens desse biocombustível.

Outra alternativa regulatória é a realização de leilões específicos para o E2G, assim como já ocorre com o biodiesel. No Brasil, a comercialização do biodiesel é feita por meio de leilões públicos organizados pela ANP, observando as diretrizes gerais estabelecidas pelo CNPE e MME. A Resolução CNPE n.º 5, de 3 de outubro de 2007, estabelece diretrizes gerais para a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel, em razão da obrigatoriedade legal prevista na Lei n.º 11.097, de 13 de janeiro de 2005.

Os leilões de biodiesel visam à aquisição de biodiesel pelos adquirentes (refinarias e importadores de óleo diesel) para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel e para fins de uso voluntário, cujo volume deve ser entregue pelas unidades produtoras de biodiesel.

Nesses mesmos moldes, um leilão específico para o E2G poderia ser desenvolvido para que as distribuidoras de combustível adquirissem uma cota obrigatória desse biocombustível. Com isso, espera-se que seja criado um mercado específico para o E2G, o que daria estabilidade e previsibilidade para os produtores realizarem os investimentos necessários à produção do etanol celulósico.

## 4.2. Diferenciação tributária do E2G

Desde a desregulamentação do setor sucroalcooleiro havida em no início da década de 2000, uma das principais formas de intervenção do governo federal no mercado de etanol se deu por meio da adição de um imposto ao consumo da gasolina, a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) (Costa 2009).

A CIDE é um tributo de caráter extrafiscal, de arrecadação vinculada e de competência exclusiva da União previsto no art. 149 da Constituição Federal de 1988 (Brasil 2017). No setor de combustíveis, a CIDE foi instituída por meio da Lei n.º 10.336, de 19 de dezembro de 2001. Como a gasolina e o etanol hidratado<sup>4</sup> são produtos substitutos, esse imposto aumenta o incentivo econômico para o consumo do biocombustível (Costa 2009).

Além da CIDE, alguns estados da federação estipulam alíquotas do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e prestação de Serviço (ICMS) diferenciada entre etanol e gasolina, sendo superior para a gasolina em relação ao etanol hidratado, o que produz o mesmo efeito da CIDE no mercado regional de combustíveis.

Nesse mesmo sentido, seria possível se pensar, para o E2G, em um tratamento semelhante ao que tem sido dispensado ao etanol de primeira geração. Alíquotas mais brandas (ou mesmo nulas) para o combustível renovável de segunda geração poderiam aumentar sua competitividade frente ao etanol de primeira geração e à gasolina, o que seria um incentivo à produção do combustível celulósico.

Adicionalmente, tomando-se como pano de fundo as preocupações com o aquecimento global e com as emissões de gases do efeito estufa, bem como os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris, também seria válido se pensar em um “imposto ambiental”. Nesse tipo de

---

<sup>4</sup> O etanol hidratado é o etanol comum vendido nos postos em substituição à gasolina. Já o etanol anidro é complementar à gasolina, à qual é misturado para baratear o combustível, aumentar sua octanagem e reduzir a emissão de poluentes.

imposto, parte da arrecadação com a tributação de combustíveis fósseis poderia ser direcionada a ações de fomento ao etanol celulósico em sua fase de amadurecimento no mercado.

Esse tipo de imposto tem como arcabouço teórico o que na literatura econômica se denomina “imposto pigouviano.” Esse conceito foi desenvolvido a partir dos trabalhos do economista Arthur Pigou, que também desenvolveu o conceito de externalidades econômicas.

Em 1920, Pigou considerou, em seus estudos econômicos, os efeitos da poluição. Mais tarde, nos anos 1950, o conceito de externalidade<sup>5</sup> foi amplamente debatido como um componente da economia do bem-estar. A partir de então, diversos economistas têm contribuído com esse debate (Mota 2006).

Sabe-se que, em sistemas de mercado livre, a economia pode não ser eficiente na alocação de recursos. As externalidades surgem quando os direitos de propriedades não estão bem definidos. Por outro lado, quando os direitos de propriedade estão bem definidos e há mecanismos que permitam a negociação entre as partes, elas poderão negociar seus direitos de produzir externalidades da mesma forma que trocam direitos de produzir e consumir bens (Fávero 2003).

Assim, para se melhorar a eficiência econômica, há que se atribuir um “preço correto” aos recursos naturais. Nesse sentido, internalizando os custos e os benefícios ambientais, e colocando preço nas externalidades das atividades de produção ou consumo, é possível que seja obtido uma melhora na eficiência, com um aumento no bem-estar (Fávero 2003).

No caso de um imposto ambiental para incentivo ao E2G, impõe-se que sejam reconhecidos benefícios em se utilizar etanol (de primeira e de

---

<sup>5</sup> Pigou explica que existe uma externalidade quando a produção de uma empresa (ou um consumidor individual) afeta o processo produtivo ou um padrão de vida de outras empresas ou pessoas, caso não haja uma transação comercial entre elas. Quando o bem-estar do consumidor ou o produto da empresa são afetados negativamente, diz-se que há uma externalidade negativa e, quando são afetados positivamente, trata-se de externalidade positiva (Fávero 2003).

segunda geração) em comparação com o seu substituto fóssil, a gasolina, como, por exemplo, o da menor emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Esse reconhecimento poderia ser atingido por meio da avaliação do ciclo de vida do produto (ACV) de cada um dos combustíveis ofertados no mercado, o que evidenciaria as vantagens do etanol. Segundo Funes (2016: 15):

*“O uso de biocombustíveis é uma alternativa para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) do setor de transportes. Contudo, para saber a real contribuição para a mitigação das mudanças climáticas destes combustíveis é necessária uma avaliação abrangente em todo o ciclo de vida do produto, considerando a cadeia de produção até a produção e o uso”.*

Isso porque, não há somente a emissão de CO<sub>2</sub> devido à combustão de combustíveis fósseis. “Outros GEEs também são emitidos, como o N<sub>2</sub>O, que está associado ao uso de fertilizantes nitrogenados, queima de biomassa e mudanças no uso da terra” (Funes 2016).

Conforme enfatiza Funes (2016), a metodologia da ACV se faz tão importante no estudo da sustentabilidade dos sistemas energéticos que é amplamente usada para apoiar a decisão a favor de tecnologias mais eficientes e limpas por órgãos internacionais como a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA), o IPCC (Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas, organismo internacional de avaliação da ciência relacionada às mudanças climáticas) a CARB (*California Air Resources Board*) e a diretiva de redução de energia renovável (RED) da União Europeia.

A partir desses exemplos, poderia ser instituída no Brasil uma sistemática de certificação da produção de combustíveis com base na ACV, cujo resultado poderia ser associado a índices como, por exemplo, emissões por megajoule ofertado, geração de emprego e uso da terra, de forma a gerar uma classificação de produtores, que seria associada a

níveis progressivos de alíquotas do imposto ambiental a ser introduzido. Assim, os combustíveis cujos processos produtivos recebam melhor classificação na ACV pagariam menor imposto. E os combustíveis produzidos com pior classificação, pagariam mais imposto. Além disso, parte dessa arrecadação poderia ser destinada a projetos de desenvolvimento de eficiência energética nos processos de produção de biocombustíveis, bem como de Pesquisa de Desenvolvimento nessa área.

Esse tipo de abordagem favoreceria os bicombustíveis de modo geral, mas, principalmente, os bicombustíveis mais avançados em termos de eficiência energético-ambiental, com é o caso do E2G.

#### **4.3. Metas de redução de emissões de GEEs**

Alternativamente à criação de um imposto ambiental sobre os combustíveis, poder-se-ia pensar em metas de redução de emissões (redução de emissões de GEEs) a serem fixadas para o setor, as quais seriam vinculadas à produção certificada de biocombustíveis e atingidas por meio da criação um mecanismo de crédito de carbono vinculado à produção de bicombustíveis, semelhante aos certificados de mistura de biocombustíveis utilizados nos EUA (RINs), conforme discutido no item 4.1 (p. 21).

Essa ideia vem sendo explorada no âmbito do Programa RenovaBio, lançado pelo Ministério de Minas e Energia em dezembro de 2016. O RenovaBio é um programa do Governo Federal que tem por objetivo expandir a produção de biocombustíveis no Brasil, baseada na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e compatível com o crescimento do mercado (BRASIL, MME 2017-A).

De acordo com Thomaz (2017), o programa, que prevê a atuação conjunta no MME, do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), começou a ser formulado no início no segundo semestre de 2016. Várias entidades do setor de combustíveis do Brasil foram envolvidas nesse



processo, que culminou na abertura de consulta pública em 15 de fevereiro de 2017, a qual contou com ampla participação das partes interessadas.

No principal documento dessa consulta pública<sup>6</sup>, foram traçadas diretrizes estratégicas para uma política nacional de biocombustíveis, dentre as quais se extraem, por interesse deste trabalho, as seguintes:

- ***“Garantir a relação de eficiência e emissões na distribuição de biocombustíveis, com avaliação de modelos de mercados de biocombustíveis já adotados no Brasil e em outros países, incluindo instrumentos de incentivo em função da análise de ciclo de vida;***
- ***Reconhecer a capacidade dos biocombustíveis em promover a descarbonização do mercado de combustíveis.***
- ***Criar instrumentos para **precificação da relação de eficiência e emissões e de mecanismos que valorizam a produção sustentável;*****
- ***Estabelecer uma política tributária para combustíveis de forma conjunta, com ênfase no **reconhecimento das externalidades positivas dos biocombustíveis** para a isonomia competitiva no médio e longo prazos;***
- ***Criar mecanismos para **impulsionar o potencial do Brasil na produção comercial de bioquerosene de aviação e a produção competitiva de etanol celulósico**, assim como acelerar o aproveitamento racional do biogás e do biometano;***
- ***Formular instrumentos de **incentivos à inserção comercial dos novos biocombustíveis, priorizados pela análise de ciclo de vida e suas relações entre eficiência e emissões;**”*** (grifou-se)

---

<sup>6</sup> RenovaBio - DIRETRIZES ESTRATÉGICAS: Proposta Submetida à Consulta Pública, disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas>.

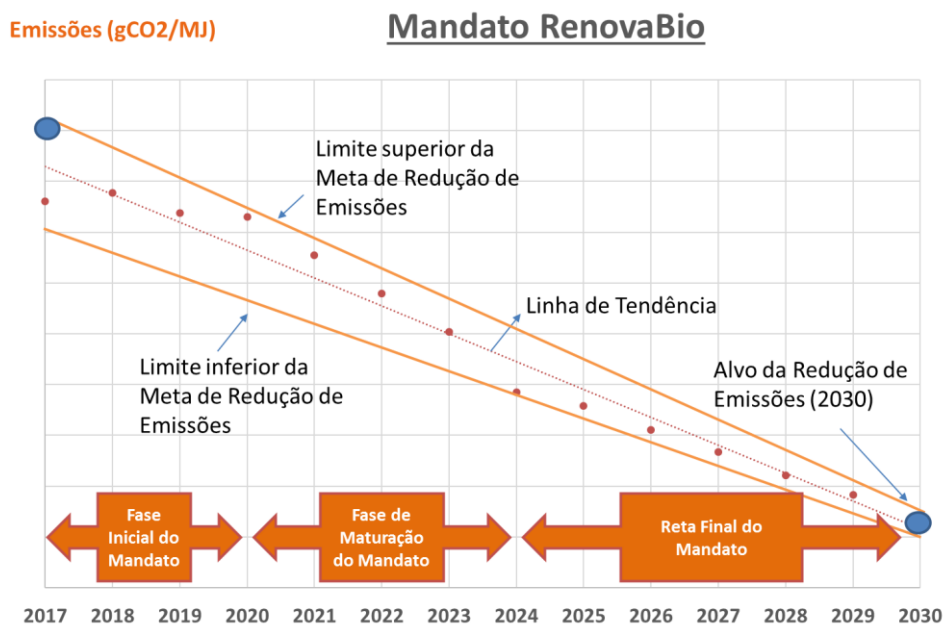
Como se vê, a consulta pública do programa RenovaBio já contém os alicerces para a implementação de um mecanismo de ACV e de fixação de metas de redução de emissões de GEEs.

Mesmo não se tendo, até o presente momento, um documento oficial sobre quais serão de fato os desdobramentos das discussões em torno do programa RenovaBio, Vedana (2017) informa que a solução que está sendo discutida envolve certificados de emissão de carbono que requerem um processo de certificação da produção dos combustíveis comercializados no país.

De acordo com Vedana, créditos de redução de emissões (CREs) seriam emitidos por produtores de biocombustíveis certificados. A quantidade a ser ofertada por cada produtor seria proporcional ao volume de biocombustível produzido e comercializado, levando-se em consideração a classificação atingida na certificação da produção, com base na ACV. Assim, os agentes regulados que estariam obrigados ao cumprimento das metas de redução de emissões deveriam adquirir os volumes produzidos de biocombustíveis certificados, na proporção de seus mercados, em cada ano de referência.

Segundo Thomaz (2017), ainda não há especificação de números exatos para o RenovaBio. Contudo, revela que a intenção é determinar, em lei, faixas de redução de emissões de GEEs a serem aplicadas ao mercado brasileiro de combustíveis a cada ano. Esse seria o mandato do RenovaBio para esse mercado, conforme esquematizado na Figura 9. Como se vê nessa figura, a meta final de redução de emissões seria atingida no ano de 2030. Dessa forma, Thomaz avalia que, ao fixar metas de descarbonização, o mecanismo traria previsibilidade para esse mercado, que saberia de antemão quantos litros de biocombustíveis seriam necessários para atingir esses volumes.

Figura 9 - Mandato RenovaBio



Fonte: Thomaz (2017), extraído de Diretrizes RenovaBio (BRASIL, 2017)

Thomaz (2017) informa ainda que as metas seriam estabelecidas pelo CNPE, baseando-se na oferta de biocombustíveis do ano anterior. Por sua vez, a ANP desdobraria essa meta nacional em metas individuais, a serem aplicadas a todos os agentes regulados, proporcionalmente a sua respectiva participação de mercado na distribuição de combustíveis.

Paralelamente, esses créditos de redução de emissões poderiam ser negociados de maneira separada da produção física do biocombustível. Ou seja, um distribuidor de combustíveis, por exemplo, que possui em sua carteira mais créditos do que sua meta, poderá vendê-los a um outro distribuidor que precisa comprovar o atendimento à meta. Outros agentes ou pessoas a serem definidas também poderão participar da negociação desses créditos, o que poderia ampliar sua liquidez e, portanto, possibilitar novas formas de investimentos no setor de biocombustíveis (BRASIL, MME 2017-B).

Criar-se-ia, assim, um novo mercado para os CREs, um novo produto decorrente da produção de biocombustíveis, o qual poderia ser negociado no mercado futuro, o que geraria uma forma de controle de

emissões de GEEs a ser exercida pelo mercado financeiro, que já dispõe de regulação bem definida (BRASIL, MME 2017-B).

Conforme sintetizou Vedana (2017), “os CREs oferecem maior receita para quem produz (biocombustíveis) e as metas de redução de CO<sub>2</sub> garantem segurança para investimentos cadenciados em novas usinas”. Vedada ainda explica que a fixação de metas anuais de redução de CO<sub>2</sub> seria uma garantia dada pelo governo aos produtores de biocombustíveis para que o setor possa voltar a investir. Isso porque, além de se garantir um espaço para esses produtos no mercado de combustíveis no Brasil, os produtores ainda teriam uma valoração extra de seu produto com o CRE.

Um mecanismo dessa natureza estimularia uma concorrência mais justa entre os diversos combustíveis utilizado no Brasil. Ao se levar em conta todo o processo produtivo desses produtos, por meio da ACV de cada um deles, seria possível trazer à tona as externalidades positivas do E2G, por exemplo, e as externalidades negativas dos combustíveis fósseis. Consequentemente, a precificação dessas externalidades geraria incentivo à produção de combustíveis menos poluentes. Estabelecer-se-ia, assim, uma verdadeira meritocracia no setor de combustíveis, na qual o E2G teria vantagens inclusive sobre o etanol convencional.

Independentemente da solução a ser adotada, imposto ambiental ou criação de mercado de crédito de carbono, é importante notar que o foco deste trabalho não reside em equacionar questões ambientais decorrentes do aquecimento global e do Acordo de Paris sobre o tema.

Não obstante, com o reconhecimento regulatório da capacidade dos biocombustíveis para promover a redução de emissões do setor de combustíveis, esse enfoque ambiental seria capaz de contribuir decisivamente para o desenvolvimento de instrumentos que permitam a precificação das externalidades existentes nesse mercado. Isso valorizaria a produção de combustíveis cada vez mais sustentáveis, estimulando, assim, a expansão da produção de biocombustíveis

avançados, como o E2G, o que contribuiria significativamente para a redução do chamado *gap* energético do Ciclo-Otto.

## 5 Conclusão

Em determinadas circunstâncias, a intervenção do Estado no domínio econômico se justifica pela manutenção ou ampliação do bem-estar da sociedade.

Os biocombustíveis possuem posição de destaque no que diz respeito às políticas públicas voltadas para a matriz de combustíveis, pois apresentam externalidades positivas, nas quais os benefícios sociais e ao meio ambiente são superiores aos benefícios privados.

Desde o lançamento do Proálcool, o etanol tem dado substancial contribuição ao combate da dependência externa de combustíveis, o que trouxe mais segurança ao abastecimento. Essa intervenção estatal no domínio econômico foi fundamental, pois havia (e ainda há) dificuldades estruturais no investimento em infraestrutura no setor.

Projeções do MME dão conta de um cenário de crescente importação de gasolina. Isso porque o país não tem conseguido produzir a quantidade necessária de combustíveis para fazer face ao consumo atual e futuro, haja vista o crescente aumento na frota de veículos leves, a limitada capacidade de refino nacional, cujas novas refinarias em construção no país concentraram-se mais na produção de diesel e de outros derivados de maior valor agregado, e a falta de investimentos em transporte público de massa. Cenário esse que tem sido chamado de *gap* energético do Ciclo-Otto.

Ocorre que o setor de etanol, que poderia ajudar a cobrir esse *gap*, tem apresentado sinais de estagnação em seu processo produtivo após anos de desenvolvimento. Por outro lado, há uma boa oportunidade para a renovação do setor com a utilização da biotecnologia, por meio do desenvolvimento do que ficou conhecido como etanol de segunda geração (E2G).

Estudo recente dá conta de que, desde que se incentive seu uso e o seu desenvolvimento, o Brasil tem potencial para alcançar o patamar de

produção anual de 10 bilhões de litros de E2G em 2025, ante ao *gap* projetado de 26 bilhões de litros em 2023.

Assim, mesmo que o E2G não tenha potencial para cobrir todo o *gap* projetado, seria interessante que o uso e o desenvolvimento desse paradigma tecnológico fossem incentivados pelo Estado brasileiro, de forma a antecipar sua entrada firme na matriz de combustíveis do Ciclo-Otto e, assim, reduzir progressivamente o volume projetado de importação de gasolina.

Para isso, poderiam ser adotadas regulações específicas no sentido de se criar mandato específico para o E2G, de se diferenciar tributariamente o E2G ou de se criar metas de redução de emissões de GEEs, a partir das quais também haveria incentivo ao etanol celulósico haja vista seus benefícios ambientais.

Independentemente da solução a ser adotada, é importante notar que o foco deste trabalho não reside em equacionar questões ambientais decorrentes do aquecimento global e do Acordo de Paris sobre o tema.

Não obstante, com o reconhecimento da capacidade dos biocombustíveis para promover a redução de emissões no setor de combustíveis, esse enfoque ambiental seria capaz de contribuir decisivamente para o desenvolvimento de instrumentos que permitam a precificação das externalidades existentes nesse mercado. Isso valorizaria a produção de combustíveis cada vez mais sustentáveis, estimulando, assim, a expansão da produção de biocombustíveis avançados, como o E2G, o que contribuiria significativamente para a redução do chamado *gap* energético do Ciclo-Otto.

## 6 Bibliografia

BIODIESELBR. Programa Brasileiro de Álcool, 2006. Disponível em:  
<<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol.htm>>

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Anuário Estatístico Brasileiro, 2016. Disponível em:  
<[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)>

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Dados Estatísticos, acessado em 26 de maio de 2017. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>>

BRASIL. Constituição Federal da República do. Acesso em 26 de agosto de 2017. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2016 – Relatório Final. EPE, 2016. Disponível em:  
<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)>

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2016 – Síntese do Relatório Final. EPE, 2016. Disponível em:  
<[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final\\_2016\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2016_Web.pdf)>

BRASIL. Empresa de Planejamento Energético (EPE), 2016. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2015. Rio de Janeiro, Brasília, 2016. Disponível em:  
<<http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/PaineldeBiocombust%C3%ADveis%E2%80%93Boletinsdean%C3%A1lisedeconjuntura.aspx>>

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto. EPE, 2016. Disponível em:  
<<http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/EPElan%C3%A7aestudosobreacen%C3%A1riosdeofertadeetanoledemandadoCicloOtto.aspx?CategoriaID>>

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia. EPE, 2016. Disponível em:  
<<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>>

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Panorama Geral do Setores de Energia e Mineração, Apresentação proferida pelo Ministro Eduardo Braga na Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado Federal em 8 de abril de 2015. Disponível em:  
<<http://www19.senado.gov.br/sdleg-getter/public/getDocument?docverid=0ee62763-82b3-44f6-8338-d66f695716d4;1.0>>



BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). RenovaBio, Diretrizes Estratégicas Proposta Submetida à Consulta Pública, 2017-A. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas>>

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). RenovaBio – Proposta de Modelo para a Melhoria da Matriz Brasileira de Combustíveis, 2017-B. (mimeo)

EUA. U.S. Energy Information Administration (EIA). International Energy Outlook 2016, Capítulo 8, p. 127. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>>

COSTA, Cinthia *et al.* Impacto da Diferenciação do ICMS entre Etanol Hidratado e Gasolina C para a Economia do Estado de Minas Gerais. Apresentação oral - Economia e Gestão no Agronegócio, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/48.pdf>>

CUNHA FILHO, Joaquim Henrique da e FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza, Os Impactos Econômicos da Expansão da Produção de Etanol Sob a Ótica da Matriz De Contabilidade Social Brasileira. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) – USP, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/816.pdf>>

DORNELLES, Ricardo, Políticas Públicas: Buscando Estabilidade e Previsibilidade. Ethanol Summit, Painel 9. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://ethanolsummit.com.br/wp-content/uploads/2015/07/3-Ricardo-Dornelles.pdf>>

ESTADOS UNIDOS. U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2016, Transportation. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>>

FAHRI, Maryse *et al.*, A crise e os desafios para a nova arquitetura financeira internacional. Revista de Economia Política 29 (1), 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rep/v29n1/08.pdf>>

FÁVERO, Rafaela *et al.* Responsabilidade Social e Teoria das Externalidades: O caso de algumas empresas poluidoras do meio ambiente. Francisco Beltrão-PR, UNIOESTE, 2003. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/08O401.pdf>>

FUNES, Rodrigo Hartkoff. Avaliação do Ciclo de Vida e Pegada de Carbono da reciclagem de CO<sub>2</sub> em um sistema de produção de etanol de cana-de-açúcar. Dissertação de Mestrado, UPS, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-02052016-161618/pt-br.php>>

MOTTA, José Aroudo. O Valor da Natureza: economia e política dos recursos ambientais. Rio de Janeiro, Ed. Garamond, 2006.

MILANEZ, A. Y. *et al*, De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES, 2015. Disponível em:  
<<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4281>>

NYKO, Diego *et al*. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? BNDES Setorial 37: p. 399-442. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:  
<[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1503/1/A%20mar37\\_10\\_A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20tecnologias%20agr%C3%ADcolas%20do%20setor\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1503/1/A%20mar37_10_A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20tecnologias%20agr%C3%ADcolas%20do%20setor_P.pdf)>

NYKO, Diego *et al*. A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. BNDES Setorial 32: p. 5-48. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:  
<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32101.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32101.pdf)>

ONU - Organização das Nações Unidas. Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:  
<<https://nacoesunidas.org/cop21/>>

REN21. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Global Status Report. Paris, 2016. Disponível em:  
<<http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>>

SEVERINO, M.& OLIVEIRA *et al*. Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 133-135, 2010.

SLADIVA, Paulo *et al*. Avaliação dos Impactos da Saúde Pública e sua Valoração devido à Implementação Progressiva do Componente Biodiesel na Matriz Energética de Transporte. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <[http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2015/08/Relatorio-Final-COMPLETO\\_ago.pdf](http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2015/08/Relatorio-Final-COMPLETO_ago.pdf)>

THOMAZ, Laís Forti. Os programas de biocombustíveis nos EUA e Brasil: Uma análise comparativa entre RFS, LCFS e as diretrizes do RenovaBio. Relatório de Pesquisa, 2017. (Mimeo)

UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development. Second Generation Biofuel Markets: state of play, trade and developing country perspectives. Genebra, Suíça, 2016. Disponível em:  
<[http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2015d8\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2015d8_en.pdf)>

VEDANA, Miguel Angelo. Uma revolução chamada RenovaBio: desafios e perspectivas para usinas, distribuidoras e governo, novaCana.com, 2017. Disponível em:  
<<https://www.novacana.com/n/etanol/politica/revolucao-chamada-renovabio-desafios-perspectivas-para-usinas-distribuidoras-governo-080517/>>

WHO - World Health Organization. The cost of a polluted environment: 1.7 million child deaths a year, says WHO. Genebra, Suíça, 2017. Disponível em:  
<<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/pollution-child-death/en/>>

WISNER, Robert. Renewable Identification Numbers (RINs) and Government Biofuels Blending Mandates. AgMRC Renewable Energy Newsletter, Iowa State University, EUA, Abril de 2009. Disponível em:  
<<http://www.agmrc.org/renewable-energy/biofuelsbiorefining-general/renewable-identification-numbers-rins-and-government-biofuels-blending-mandates/>>