



AS POLÍTICAS PÚBLICAS FEDERAIS DE FOMENTO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO NO BRASIL E ESTADOS UNIDOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Wellington Pereira¹
Nilson de Paula²

Resumo

O objetivo deste artigo é discutir as diferenças, desafios e oportunidades que marcam o mercado de etanol nos EUA e no Brasil do ponto de vista das políticas públicas voltadas especificamente para o etanol de segunda geração, tendo como arcabouço teórico-metodológico o conceito de sistema setorial de produção e inovação (SSPI). O etanol vem permitindo que os dois países reduzam sua dependência de combustíveis fósseis. No entanto, ainda que existam diferenças nas posturas dos governos desses países, argumenta-se que ações do Estado para promover um SSPI dinâmico e competitivo para o etanol são decisivas para criar oportunidades e reduzir incertezas no processo de desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e ambiental sustentável, em que pese os desafios surgidos recentemente nesse mercado em ambos os países.

Recebimento: 19/5/2016 • Aceite: 6/6/2017

¹ Doutor em Políticas Públicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: wdsperreira@yahoo.com.br

² Doutor em Economia pela University College London, Grã-Bretanha. Professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: nilson@ufpr.br

Palavras-chave: Etanol. Políticas públicas. Biomassa. Combustíveis fósseis.

FEDERAL POLICIES TO FOSTER SECOND GENERATION ETHANOL IN BRAZIL AND IN THE UNITED STATES: A COMPARATIVE ANALYSIS

Abstract

The main goal of this paper is to discuss the differences, challenges and opportunities emerging in the ethanol market in the US and Brazil from the public policies perspective, particularly in relation to the promotion of second-generation ethanol. The theoretical and methodological approach adopted is that of sectorial system of production and innovation (SSPI). Ethanol has become important for both countries to reduce their reliance on fossil fuels. Although, there are different attitudes between Brazilian and US government, we claim that actions by State towards a dynamic and competitive SSPI for ethanol are crucial to create opportunities and to reduce uncertainty in the process of socio-economic, technological and environmental development, despite many challenges recently emerging in both countries concerning ethanol.

Keywords: Ethanol. Public policies. Biomass. Fossil fuels.

Introdução

Este artigo discute as diferenças, desafios e oportunidades que marcam o mercado de etanol nos Estados Unidos (EUA) e no Brasil tendo como referência as políticas públicas federais. O foco está nas ações e instrumentos utilizados por atores diretamente subordinados à estrutura do governo federal nos dois países. Ao mesmo tempo em que o volume de investimentos e a diversidade institucional de fomento favorecem a produção de etanol nos EUA, no Brasil a prioridade dada ao etanol para promover a sustentabilidade ambiental tem sido baixa, apesar dos programas definidos pelo governo federal desde 2003. A negligência do governo brasileiro em relação à importância do etanol para a política energética e de desenvolvimento sustentável contradiz o discurso do desenvolvimento sustentável e de menor dependência de fontes fósseis. Adicionalmente são destacados os impactos que as descobertas de novas reservas de petróleo no Brasil e o avanço na exploração de gás de xisto (*shale* gás) nos EUA nas expectativas formadas em torno dos biocombustíveis, especialmente sobre os avanços tecnológicos do etanol de segunda geração.

O artigo está organizado em mais três tópicos, além dessa introdução e das considerações finais. No segundo tópico faz-se uma breve apresentação dos aspectos metodológicos e teóricos que moldaram as escolhas e o formato da análise sobre o papel do governo federal no Brasil e EUA no fomento ao etanol. No terceiro item são caracterizados os mercados de etanol no Brasil e EUA e a postura do Estado em ambos os países no que se refere ao fomento ao etanol. No quarto item são discutidos os reflexos sobre as expectativas que se formam para o mercado de etanol após a descoberta de reservas de petróleo do pré-sal no Brasil e de gás de xisto nos EUA. Mais ainda, o artigo enfatiza tanto as transformações recentes no mercado de etanol quanto as diferenças entre o caso brasileiro e americano no que tange à postura do Estado, com destaque para os desafios relacionados ao etanol de segunda geração (celulósico).

Abordagem teórica e base metodológica

O papel do governo federal foi analisado à luz da evolução histórica dos programas voltados ao etanol e dos desafios que emergiram recentemente, influenciando diretamente as decisões de políticas públicas e as perspectivas de sustentabilidade ambiental a partir do uso de etanol. Para tanto foram consultados documentos públicos de instituições federais relacionadas ao fomento ao etanol no

Brasil e EUA. A metodologia adotada contemplou as variáveis que compõem o sistema setorial de produção e inovação (SSPI) do etanol nos dois países, destacando-se o papel do Estado na sua organização e funcionamento, orientado pelas oportunidades geradas no mercado de etanol, em particular o de segunda geração³. Considera-se que o engajamento do governo federal é essencial para tornar o SSPI do etanol mais sólido e capaz de gerar externalidades no conjunto da atividade sucroalcooleira e do conjunto da economia através de *spillovers* tecnológicos e redução de danos ambientais causados pelo consumo excessivo de combustíveis fósseis, contribuindo assim para o desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Figura 1: Atores que compõem o sistema setorial de produção e inovação (SSPI)



Fonte: Elaborado com base em Malerba (2002).

Os sistemas setoriais possuem três dimensões, as quais afetam tanto a adoção de tecnologias como sua própria organização produtiva no âmbito da atividade. As três dimensões se referem ao conhecimento (e suas fronteiras), aos atores em rede e às instituições (MALERBA, 2003). Essas dimensões ajudam na compreensão de como os diversos atores (Figura 1) se comportam e interagem em benefício do sistema. Segundo Malerba (2002) os atores do sistema podem ser divididos em três grupos. O primeiro se refere àqueles ligados diretamente à produção: empresas fornecedoras de insumos e empresas produtoras. O

³ O etanol de segunda geração é aquele proveniente do processamento da biomassa vegetal e que incorpora métodos de produção diferentes daqueles utilizados para produção do etanol tradicional, ou de primeira geração, que é obtido a primeira da moagem e do suco obtido da cana-de-açúcar.

segundo é formado por indivíduos: empreendedores, cientistas e consumidores. E o terceiro é composto por atores institucionais não ligados diretamente à produção, mas de grande relevância para o funcionamento do SSPI, tais como universidades, instituições financeiras, associações técnicas e agências governamentais. Assim, o governo e suas agências (e ou órgãos subordinados) desempenham papel importante no desenho e implementação de políticas que afetam o sistema todo. No que se refere ao apoio à pesquisa e desenvolvimento (P&D) no âmbito de um sistema setorial e geridos por agências governamentais, pode-se apontar, a partir de Nelson (2006), 3 tipos de programas (ações). O primeiro visa promover o conhecimento em certos campos científicos, no longo prazo para atender objetivos próprios ou de sua clientela. O segundo se refere à agência governamental cuja responsabilidade operacional está voltada às demandas por novos equipamentos derivadas de atividades de P&D. O terceiro está voltado para as necessidades de curto prazo de um ramo ou uma população de clientes.

No que se refere a esse terceiro tipo de programa, destaca-se “o apoio à P&D especificamente voltada para o aumento das aptidões e da competitividade dos diversos ramos de atividade” (NELSON, 2006, p. 132). A atuação do governo, ou de seus órgãos/agências, é parte fundamental do sistema setorial de produção e inovação. Por isso as políticas públicas podem afetar a competitividade de um segmento, mesmo que este seja baseado em recursos naturais.

Embora a dinâmica da atividade esteja situada no âmbito das empresas, os atores institucionais, como as universidades, instituições financeiras, autoridades locais, agências governamentais, etc., integram o sistema, apoiando a inovação, a difusão de tecnologia e o processo produtivo. Portanto, ao implementarem políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável, os atores ligados ao governo federal se tornam integrantes centrais dos sistemas setoriais de produção e inovação.

O fomento federal ao etanol no Brasil e EUA no período recente

Embora pioneiro na formação de um grande mercado competitivo para o etanol, o Brasil perdeu sua posição de maior produtor para os EUA a partir de 2005, tendo este produzido em 2013 mais do que o dobro da produção brasileira, após um crescimento expressivo que o distanciou visivelmente do concorrente mais próximo (Tabela 1).

Tabela 1: Produção mundial de etanol (milhões de litros) e Taxa de Crescimento Anual (%) entre 2007-2013

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Cres. Anual %
<i>Estados Unidos</i>	24.685	35.238	41.405	50.338	52.799	50.346	50.346	10,7
<i>Brasil</i>	19.000	24.500	24.900	26.201	21.097	21.111	23.723	3,2
<i>Europa</i>	2.159	2.777	3.937	4.575	4.420	4.463	5.190	13,3
<i>China</i>	1.840	1.900	2.052	2.050	2.100	2.101	2.635	5,3
<i>Canadá</i>	800	900	1.102	1.350	1.750	1.700	1.980	13,8
<i>Restante do Mundo</i>	1.194	1.474	3.460	3.727	2.643	2.847	4.815	22,0
Total	49.676	66.789	76.855	88.241	84.809	82.567	88.688	8,6

Fonte: Renewable Fuels Association (RFA) e [U.S. Energy Information Administration \(EIA\)](#).

Embora este salto tenha resultado de vários fatores, destaque é dado aqui à forte participação do governo federal na definição de diretrizes e metas de produção e consumo de biocombustíveis no país, tanto de etanol de primeira geração (proveniente de milho), como de segunda geração. No caso do Brasil, tem-se que somente uma maior dotação em recursos naturais não é suficiente para garantir vantagem comparativa ao segmento produtor de etanol de primeira geração (a partir do esmagamento tradicional da cana-de-açúcar) e de segunda geração (a partir dos resíduos da própria cana-de-açúcar). Ganhos de competitividade e capacidade de emitir menos poluentes, comparado aos combustíveis fósseis, resultam também de desenvolvimentos científicos e tecnológicos, os quais por décadas, contaram com políticas públicas capazes de criar um mercado nacional de grande escala para o etanol.

A evolução comparativa dos mercados de etanol no Brasil e EUA mostra a importância de outras rotas tecnológicas orientadas para aumento de produção com maior produtividade e sustentabilidade ambiental. Todavia, nesse quesito o Brasil está aquém dos EUA, onde os avanços tecnológicos e alocação de recursos para pesquisa, desenvolvimento e inovação em biocombustíveis de segunda geração têm sido mais significativos, impulsionados por ações do governo federal americano. Ainda que nos dois países existam interesses em desenvolver etanol de primeira e segunda geração, há desafios tecnológicos e políticos que afetam diretamente a sustentabilidade ambiental e econômica de sua produção e consumo.

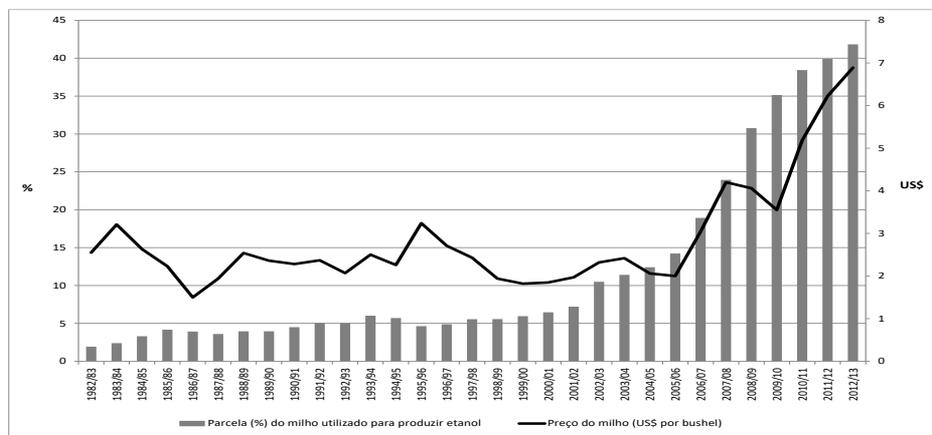
Estruturas de mercado do etanol

Um dos principais aspectos a serem considerados nesta análise comparativa se refere ao insumo utilizado. O Brasil não apenas apresenta maior produtividade por área plantada como emite gases

causadores do efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida em menor escala (JANDA et al, 2011). Por sua vez, nos EUA a menor produtividade e os maiores custos relativos de produção do milho, somados à necessidade de aumentar a produção de combustíveis alternativos aos fósseis, fizeram com que os subsídios fossem recorrentemente renovados até fins de 2011. A justificativa para essas ações estava na defesa nacional e desenvolvimento estratégico com base no qual o governo federal isentou ou reduziu a carga tributária de produtores de etanol e de refinarias que adicionam etanol à gasolina, além de impor barreiras tarifárias ao etanol importado. Assim, o mercado de etanol nos EUA foi construído a partir do milho, mas com volumoso suporte financeiro do governo federal (Gráfico 1).

No plano internacional, o etanol produzido a partir do milho foi fortemente criticado devido ao aumento dos preços do grão, gerando impactos negativos em países fortemente dependentes desse produto em sua dieta alimentar, tal como o México (WISE e MURPHY, 2012; WISE, 2012). Um fato interessante no contexto recente é que a produção de etanol nos EUA começa a crescer paralelamente ao aumento dos preços do petróleo, sobretudo a partir de 1999, conforme demonstra Tyner (2008), semelhante ao que aconteceu na década de 1970 após oscilações na oferta de petróleo e aumento de seu preço. Essa simultaneidade entre aumento do preço do milho e seu maior uso para produzir etanol (Gráfico 1) reflete a preocupação do governo americano em aumentar a produção de biocombustíveis, sobretudo após a segunda metade dos anos 2000 quando a parcela de milho utilizada para produção de etanol mais que dobra.

Gráfico 1: Evolução do preço do milho e parcela do milho utilizado para produzir etanol nos EUA, 1982 a 2013*



Fonte: USDA - Economic Service Research.
*Os dados para 2013 vão até novembro.

Além disso, segundo classificação feita pelo *Energy Independence and Security Act (EISA) 2007*, os biocombustíveis de primeira geração obtidos do milho têm capacidade mínima de redução de emissão de gases de efeito estufa (cerca de 20%) ao longo de seu ciclo de vida, enquanto no caso do etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil aquela chega a 50%, enquanto o etanol celulósico permite um percentual mínimo de 60% de redução. Assim, a superioridade competitiva do etanol brasileiro foi atribuída por muitos anos à própria matéria-prima utilizada, causando uma demanda crescente por subsídios crescentes por mais de 30 anos nos EUA. Por outro lado, ainda que a cana-de-açúcar possa ser colhida ao longo de 2/3 do ano para produção de etanol, seu processamento deve ser rápido para não perder seu teor energético. Já o milho, apesar da menor quantidade por área plantada, pode ser armazenado por mais tempo, além de ser mais maleável no processamento (CHADDAD, 2010). Contudo, tal característica não é suficiente para tornar o etanol de milho mais vantajoso do que o de cana-de-açúcar, tanto do ponto de vista da produção como de custos relativos.

Ainda que isso esteja diretamente associado à produção de etanol de primeira geração, o histórico e o formato de seu mercado afetam as decisões e diretrizes dos governos para o setor no que tange à segunda geração e a outras possibilidades produtivas associadas ao uso da biomassa – com novas possibilidades para o processo produtivo e seu

mercado. Atualmente, o debate tem se voltado para as diferenças na capacidade de produção de matérias-primas a ser convertida em etanol de segunda geração, ou seja, a partir de biomassa. Nesse quesito, o Brasil poderia ocupar a dianteira devido ao potencial competitivo associado à própria cana-de-açúcar cujos resíduos ou excessos podem ser redirecionados para a produção de etanol de segunda geração. A isso se soma a própria característica do processo produtivo do etanol a partir da cana-de-açúcar que é mais integrado e otimizado no inter-relacionamento colheita-transporte-usina-distribuição, reduzindo custos logísticos e operacionais (BACCARIN, 2011; CHADDAD, 2010).

No caso americano as preocupações estão voltadas à oferta regular e mais barata de biomassa que possa acelerar a produção de etanol e outros biocombustíveis de segunda geração. Ainda que a palha do milho possa ser utilizada, não tem o potencial energético da cana-de-açúcar, além do que a logística de transporte da biomassa tem elevado os custos de produção (IEA, 2011). Segundo Coyle (2010) pesquisas patrocinadas pelo governo federal sobre o aproveitamento de biomassa, incluindo as abundantes florestas, vêm sendo realizadas nos EUA para encontrar tipos adequados e que estejam distribuídos geograficamente de modo a favorecer o transporte (USDA, 2010; DOE, 2013; DARPA, 2014; AEC, 2014). Embora outros tipos de biomassa sejam também acessíveis no Brasil, a cana-de-açúcar ainda é a alternativa mais competitiva, em grande parte devido ao baixo custo de transporte, dado o processo de integração de produção nas usinas brasileiras. As plantações estão num raio que não excede 40 km em torno da usina processadora (Oliveira e Nachiluk, 2011). Portanto, o Brasil teria um grande potencial logístico e de oferta favorável à produção competitiva de etanol 2G, comparado às condições dos EUA.

Quanto às condições de demanda, o atual estágio do mercado de etanol no Brasil e nos EUA está fortemente marcado pelo perfil das frotas de automóveis e pelo número de pontos de abastecimento, indicando que os mercados internos influenciam diretamente a competitividade do segmento. No entanto, diferente do Brasil onde os veículos *flex-fuel* já corresponde a 50% da frota, nos EUA esse percentual chega a cerca de 7% da frota geral e 10% da frota de veículos leves. No caso americano os veículos *flex-fuel* só podem ser abastecidos com o E85 que é o biocombustível com 85% de etanol e 15% de gasolina⁴.

⁴ Mais informações podem ser obtidas nos websites do *US Energy Information Administration, Alternative Fuels Data Center* do *US Department of Energy* e *Renewable Fuels Association*.

Ainda que a dependência da gasolina seja maior nos EUA, ela é reforçada por não haver ainda uma estrutura de mercado que aumente o consumo de etanol além daquele adicionado à gasolina.

Após o aumento da venda de veículos *flex-fuel* no Brasil (desde 2003), a frota desse tipo de carro já é maioria e pode ser abastecida com etanol ou gasolina. Essa característica contribuiu para que o perfil do mercado de etanol no Brasil estimule ações e políticas de governo para consolidar padrões e consumo de biocombustíveis ambientalmente menos poluentes e para dinamizar o SSPI do etanol.

Postura e engajamento dos governos federais

Apesar das diferenças entre EUA e Brasil na produção de etanol de primeira geração, uma similaridade deve ser apontada. Entre os anos de 1970 e 1990 o governo federal do Brasil disponibilizou instrumentos e conduziu ações de fomento ao etanol de forma direta, seja regulamentando o mercado (dada a estreita relação entre a produção de etanol e açúcar), seja financiando pesquisa e desenvolvimento no setor. Ao longo da década de 1990, enquanto o governo federal brasileiro se afastou do segmento, relegando ao mercado seu ajustamento, nos EUA o governo passou a conceder benefícios, sobretudo subsídios fiscais, para promover fontes de energia alternativa e conter o consumo de combustíveis fósseis no país. A isso se atribuía o rótulo de defesa nacional e desenvolvimento estratégico.

Embora as atenções ao etanol pelo governo federal brasileiro tenham retornado após 2003, ainda foram marcadas por uma política titubeante e pontual. Manifestações mais enfáticas pró-etanol, como as do ex-presidente Lula em seu primeiro governo contribuíram para colocar o etanol sob holofotes internacionais, atraindo o interesse de investidores nacionais e estrangeiros no segmento (BELTRAME, 2008). O presidente teria agido, inclusive, como “garoto-propaganda” defendendo a internacionalização do etanol, para o quê era importante a redução de barreiras comerciais. Estas, no entanto, foram adotadas pelos EUA, como mecanismo de proteção artificial de seu etanol de milho. Esse interesse nas potencialidades do etanol não era verificado no Brasil há muito tempo, uma vez que a partir dos anos noventa tal temática foi aos poucos sendo retirada da agenda do governo federal.

Ainda que nos dois países a produção esteja focada no etanol de primeira geração, o debate realizado a partir de meados dos anos 2000 desloca-se para as novas rotas tecnológicas que possibilitem produzir mais etanol com o uso de biomassa. No Brasil, esse debate esteve, num primeiro momento, restrito às pesquisas acadêmicas e em menor

intensidade nas esferas políticas, em particular no início do segundo mandato de governo Lula. No entanto, deve ser destacado o Plano Nacional de Agroenergia voltado ao tema da biomassa e o projeto que originou o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Etanol (CTBE). Por sua vez, os principais instrumentos e ações do governo dos EUA para estimular a produção de biocombustíveis têm dado destaque ao etanol de segunda geração, a exemplo da RFS I em 2005, da RFS II em 2007 e da *Farm Bill* em 2008.

No caso dos EUA, apesar de definições prévias a 2005, é nesse ano que o *Renewable Fuel Standard* (RFS) estabeleceu o primeiro mandato de consumo de 7,5 bilhões de combustíveis a partir de fontes renováveis. Em 2007 houve uma atualização do RFS no âmbito do *Energy Independence and Security Act* (EISA), o qual ficou conhecido como RFS2, estabelecendo quantidades anuais (ou mandatos) de produção/consumo de biocombustíveis convencionais (primeira geração) e avançados (em que se inclui o etanol celulósico) até o ano de 2022. Assim, por meio da EISA e do RFS2, foi estabelecida uma meta clara, ainda que audaciosa, de soluções complementares e mais sustentáveis para a produção e consumo de biocombustíveis no país. Adicionalmente, a *Farm Bill* de 2008 definiu estímulos para P&D em tecnologias de conversão da biomassa, através de créditos fiscais para incorporação de etanol celulósico à gasolina, tal como ocorreu com a adição de etanol de primeira geração.

No caso brasileiro, a abrangência de programas implementados e o volume financeiro disponibilizado pelo governo federal para pesquisas e investimentos podem não ser suficientes para enfrentar os desafios e a exigências de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para recolocar o Brasil na dianteira desse segmento. O engajamento de instituições do governo federal em atividades diretas em P&D na produção de etanol celulósico passou a ocorrer apenas recentemente. A Embrapa Agroenergia começou a lidar com o tema da biomassa a partir de 2008, mas numa intensidade e abrangência pouco significativa. Já o CTBE e Petrobras voltam-se ao tema a partir de 2010, e a RIDESA começa a desenvolver pesquisas relacionadas ao conceito cana-energia a partir de 2011. Não é possível afirmar se essas ações são tardias, dado que o mercado de etanol se revelou fortemente indefinido após 2008 com o advento da crise econômica internacional e escassez de recursos.

O fato é que as tecnologias aplicadas à produção de etanol celulósico são caras e demandam tempo de desenvolvimento. Resultado disso é que as primeiras usinas a produzir etanol de segunda geração em larga escala foram inauguradas nos EUA e no Brasil somente em 2014, e ainda não operam com plena capacidade. No entanto, nos EUA

já existia um maior número de usinas pilotos e em escala pré-comercial do que no Brasil, o que tem contribuído para o avanço da pesquisa associada ao tema naquele país, sobretudo com fontes alternativas de biomassa. Ademais, as tecnologias atualmente utilizadas no Brasil para quebra de enzimas foram desenvolvidas por empresas estrangeiras, o que mostra uma “reação” interna tardia à dependência tecnológica que pode se aprofundar caso as bases locais de P&D não avancem na mesma velocidade e intensidade.

Ainda que diversas pesquisas em P&D relacionada ao etanol 2G estejam em andamento, é importante destacar o pequeno interesse do governo federal brasileiro nesse tema, quando comparado aos EUA. O fato é que, dado o histórico e a importância desse segmento para a economia brasileira no longo prazo, tendo em vista a importância dos combustíveis com menos poluentes, os instrumentos disponibilizados e as ações realizadas são ainda muito tímidas se comparado ao caso americano. A EISA e a *Farm Bill* dos EUA são exemplos da prioridade dada aos biocombustíveis, cujas metas e definição de funções e instrumentos para fomentar o etanol 2G podem influenciar positivamente novos investimentos nesse segmento, e as expectativas de desempenho desse mercado. Ou seja, a importância do etanol celulósico se destacou após o ano de 2000 recebendo atenção especial das ações e políticas relacionadas à energia renovável naquele país, num forte contraste à lentidão do Brasil para valorizar estratégias e definir políticas, sobretudo devido a seu histórico e ao potencial econômico e tecnológico do segmento. Os Departamentos de Energia (DoE), de Agricultura (USDA) e de Defesa (DoD) possuem um amplo conjunto de instrumentos e ações para promoção de biocombustíveis avançados, com destaque para o caso celulósico. Além do DoE possuir três centros de pesquisas voltados especialmente para o tema da bioenergia da biomassa⁵ parcerias entre os próprios departamentos são parte da rotina organizacional e das ações do governo federal.

No Brasil não se verificam parcerias efetivas entre ministérios ou qualquer tipo de governança dos instrumentos e ações disponibilizados. Apenas poucas parcerias ocorreram entre algumas instituições que realizam P&D em etanol 2G, sem, no entanto haver uma organização clara e amparada em diretrizes e metas a partir de um eixo definido pelo governo federal. As ações têm sido definidas segundo condições momentâneas desprovidas de diretrizes claras e

⁵ Outras informações podem ser encontradas em <http://genomicscience.energy.gov/centers/>

concatenadas. Nesse contexto, um programa de financiamento (o PAISS) realizado através de parceria entre o BNDES e a FINEP voltado a projetos inovadores em etanol de segunda geração entre 2011 e 2014 é uma exceção. Ainda que o volume efetivo de financiamentos (R\$ 3,1 bi) tenha sido bem superior ao valor estimado (R\$ 1 bi) e, assim, tenha estimulado a realização de um maior número de pesquisas por empresas, essa iniciativa ainda é extemporânea quando comparada com iniciativas similares no caso americano.

Quando se compara o comportamento dos governos dos dois países constata-se que além do elevado volume de recursos dispendidos para fomentar o mercado de etanol⁶, nos EUA há uma articulação mais abrangente com as universidades que atuam, sobretudo, via parceria com os laboratórios federais em projetos financiados pelo governo. No caso brasileiro, além das pesquisas de fluxo regular que são realizadas nas universidades em atividade de pós-graduação, por exemplo, não há diretrizes estratégicas por parte do governo federal para estimular a pesquisa em etanol. Exceção a isso é o lançamento de um edital específico para tecnologias relacionadas ao etanol celulósico por parte do CNPq em 2007 (com uso de recursos dos Fundos Setoriais), relevante perante os desafios cuja superação requer uma ação coordenada e estratégica do governo federal. Isso se aplica também ao caso da RIDESA, uma rede de pesquisadores de universidades federais, formada sem suporte regular e distante do foco do Ministério da Educação, dependendo de eventuais editais de pesquisa e ainda sujeita a incertezas envolvendo pesquisas que possam ir além do desenvolvimento de variedades genéticas. As diferenças entre EUA e Brasil também se manifestam no número de artigos publicados e solicitações de patentes relacionadas ao etanol de segunda geração⁷ (JOÃO, PORTO e GALINA, 2012; CHAGAS, 2012).

⁶ Em 2011, último ano de subsídios diretos para produtores de etanol de milho, foram gastos US\$ 6,1 bi de crédito fiscal. Além disso, US\$ 24 bi foram direcionados para o desenvolvimento e produção de combustíveis e tecnologias voltadas para energia. Somente com P&D para combustíveis renováveis o Departamento de Energia dos EUA já gastou US\$ 20 bi entre 1978-2010 (CBO, 2012). Mais informações podem ser obtidas no website do Congressional Budget Office (CBO): https://www.cbo.gov/about/products/budget_economic_data

⁷ João, Porto e Galina (2012) analisaram 95 pedidos de patentes e 403 artigos referentes a etanol celulósico para o período de 1981 a 2010. Quando a autoria dos artigos e dos requerimentos de patentes envolvia mais de um país, considerou-se, para contagem, a nação da instituição do primeiro autor/requerente. Verificou-se que dentre os pedidos de patente, os EUA responderam por 33,7% e o Brasil 6,3% do total. No que tange aos artigos publicados, os EUA responderam por 17,12% e o Brasil 4,22% do total.

Restrições para o desenvolvimento do SSPI do etanol

Mesmo fomentando intensamente a produção de etanol celulósico, o governo americano não está imune a problemas que afetam diretamente a capacidade de o país alcançar suas metas. Em primeiro lugar, diferentemente do Brasil, nos EUA o uso de etanol ocorre, via de regra, pela adição do etanol à gasolina, o que impõe uma limitação (*Blend Wall*) ao aumento do consumo de etanol, uma vez que a maior parte da frota de automóveis dos EUA está em condições de utilizar etanol até o limite de 15% da gasolina. Ademais, a frota de veículos *flex-fuel* é ainda pequena considerando as dimensões do mercado americano⁸. Por sua vez o Brasil não está sujeito a esse tipo de problema, dado que a maior parte de sua frota já é *flex-fuel*. No entanto, o consumo de etanol é afetado pela competição com a gasolina, pois a preferência do consumidor está sujeita às variações de preço, as quais são influenciadas diretamente pelo comportamento do mercado futuro e das possíveis intervenções sazonais (tributárias, por exemplo) favorecendo a gasolina ou o etanol. De qualquer forma, mudar esse cenário é difícil tanto nos EUA como no Brasil. Por um lado, alterar a frota americana levará tempo, tendo em vista o forte *lobby* das empresas da indústria petrolífera, que vem alimentando expectativas promissoras para a produção de petróleo⁹. Por outro lado, o Brasil ainda precisa definir sua estratégia para os biocombustíveis, em especial ao etanol, frente aos desafios e oportunidades, o que implica contemplar as condições para exploração de petróleo.

Pesquisas para aumentar a competitividade do etanol, comparada à da gasolina, seriam de grande relevância para maximizar suas vantagens e seus benefícios, ao mesmo tempo em que iniciativas por parte das montadoras de veículos seriam necessárias para aprimorar os motores *flex-fuel* (CHAGAS, 2012). No entanto, sabe-se que o envolvimento das empresas nas atividades de pesquisa em etanol celulósico no Brasil é praticamente inexistente, enquanto que nos EUA existe mais de uma centena de empresas envolvidas nessas atividades (JOÃO, PORTO e GALINA, 2012). Financiamentos à inovação em etanol

⁸ A recente decisão da *Environmental Protection Agency* (EPA) em aumentar a adoção de etanol de 10% para 15% já não tem sido suficiente para absorver a produção de etanol, o que traz uma sinalização negativa para o mercado. Assim, as revisões de metas na produção/consumo de etanol celulósico têm sido recorrentes. Cabe registrar que é grande o *lobby* da indústria do petróleo junto a montadoras contra o aumento do percentual de etanol na gasolina.

⁹ O debate a respeito do aumento da capacidade produtiva de petróleo nos EUA através de *shale gas* e *shale rock* será apresentado no item seguinte.

2G pelo BNDES e FINEP poderão alterar esse cenário no Brasil, tendo por base vantagens já existentes no etanol de primeira geração. No entanto os desafios associados ao de segunda geração ainda persistem.

Assim, a ampla diversidade institucional nos EUA que vem criando diversos mecanismos de fomento ao etanol celulósico difere na intensidade e abrangência do que se verifica no Brasil. Nesse contexto, para superar desafios tecnológicos e minimizar incertezas no mercado de combustíveis, o Estado deve ser mais ousado em suas diretrizes, tendo em vista sua relevância para desenvolvimento do país no médio e longo prazo. Assim, a grande diferença entre Brasil e EUA está no fato de que neste último as tentativas de reduzir a dependência de fontes de energia fósseis derivaram de diretrizes traçadas no plano nacional voltadas para o desenvolvimento tecnológico, enquanto no primeiro não há uma definição estratégica de interesse nacional, ainda que alguns movimentos esporádicos e não articulados, tenham ocorrido recentemente.

Ademais, o movimento errático do Estado brasileiro no fomento ao etanol agrava o quadro de incertezas devido à instabilidade nas políticas públicas, e não traça perspectivas para o segmento. Uma vez que o Estado tem um papel relevante na formação e organização do SSPI do etanol, é um equívoco acreditar que o segmento sucroalcooleiro terá condições de lidar por seus próprios meios com a concorrência de combustíveis fósseis e superar as adversidades impostas pelas indefinições do próprio governo, o que fragiliza ainda mais a sustentação de um SSPI forte e dinâmico.

Reservas de petróleo e gás como desafios para os biocombustíveis

A diversidade de fontes energéticas pode atrair a atenção do governo federal e ao mesmo tempo contribuir para deslocar os interesses de investidores para novas oportunidades de mercado, mais promissoras no curto e médio prazo. Nesse sentido, a última década marcou o avanço na exploração de fontes adicionais de energia tanto nos EUA como no Brasil. De um lado, houve um crescimento acelerado da exploração de gás não-convencional (*shale gas* ou gás de xisto) e de petróleo obtidas das rochas de xisto (*shale oil*) nos EUA. Além disso, o período marca a descoberta de grandes reservas de petróleo na camada pré-sal da costa brasileira, o que gerou uma grande euforia com os benefícios daí derivados. Esses dois fatos têm influenciado as posturas dos governos federais nos dois países no que tange ao etanol e suas políticas no campo energético.

As políticas de fomento ao etanol nos EUA e no Brasil estão, portanto, suscetíveis às possibilidades de geração de energia e produção de combustíveis a partir das novas fontes, redefinindo a posição dos biocombustíveis renováveis. Por maiores que sejam os benefícios do etanol e outros biocombustíveis renováveis e menos poluentes, a concorrência com combustíveis fósseis acaba prejudicando até mesmo sua função de complementaridade com as outras opções existentes no mercado. Algumas delas são relativamente mais baratas, porém mais poluentes do que os biocombustíveis renováveis que podem se tornar menos interessantes para investidores no curto e médio prazo, assim como para os consumidores que procuram menor custo relativo. O papel dos governos nesse contexto é decisivo por favorecer uma ou outra opção por meio de instrumentos e ações de fomento.

As notícias sobre exploração de reservas de gás e petróleo nos EUA e de petróleo no Brasil acabam influenciando diretamente as decisões dos governos federais, assim como as perspectivas econômicas daí resultantes afetam os ânimos e expectativas no mercado de combustíveis. A corrida pela exploração do *shale* gás e do *shale oil* nos EUA e as expectativas quanto às reservas de petróleo da camada do pré-sal no Brasil marcam um redirecionamento do mercado e dos governos federais em vista dos seus ganhos no curto e médio prazo. Isso acabou por enfraquecer a ênfase previamente dada às energias e biocombustíveis renováveis (sobretudo até 2008) como saídas sustentáveis e promissoras para o aumento da demanda de combustíveis e para a crescente emissão de gases de efeito estufa.

Assim, a discussão passa a ser moldada pela contraposição entre opções mais imediatas, baratas e lucrativas relativas aos combustíveis fósseis, e os desafios tecnológicos, mudanças de padrão, e incertezas financeiras, situados no mercado de energias renováveis e biocombustíveis, como é o caso do etanol de segunda geração. Ou seja, as preocupações e oportunidades de curto prazo acabam por desestimular os governos a priorizar estratégias voltadas aos biocombustíveis a partir de fontes renováveis. Esse possível “enfraquecimento” das posturas adotadas anteriormente em prol do etanol prejudica as expectativas e o comportamento do mercado reduzindo, assim, investimentos em pesquisa, produção e consumo de biocombustíveis alternativos.

O *shale* gás, ou gás de xisto, ou ainda gás de folhelho, é um tipo de gás natural não convencional. Isso porque para obtê-lo é necessário perfurar estruturas físseis e laminares em rochas impermeáveis ou de baixa permeabilidade, o que dificulta a extração do produto. Para se liberar o gás que fica preso nessas rochas, foram desenvolvidas técnicas

que injetam água em alta pressão junto com areia para que ela possa abrir os espaços nas rochas e liberar o gás pelas tubulações (BARTIS et al, 2005; BNDES, 2013; CARESTIATO, 2014).

Além de ser usado como fonte de energia para diversas indústrias, o gás também pode ser consumido como combustível na forma gasosa¹⁰ ou ser transformado em combustível líquido, concorrendo também com os biocombustíveis. Assim, a produção de combustíveis sintéticos a partir do gás é uma forma que os EUA vêm encontrando para aumentar a oferta de combustíveis com as mesmas características daqueles de origem fóssil. Os combustíveis sintéticos podem ser obtidos a partir do carvão ou através da transformação do gás em combustível líquido por meio do processo Fischer-Tropsch (FT). Embora os sintéticos tenham as mesmas propriedades dos combustíveis derivados do petróleo, existem problemas associados a essa opção por não contribuírem para a redução da emissão de gases do efeito estufa. Até recentemente, muitas pesquisas do Departamento de Defesa dos EUA estavam voltadas aos combustíveis sintéticos (ALIC, 2013). Essas ações ilustram as críticas (ALIC, et al, 2010; SAREWITZ, 2010; SAREWITZ, 2011) de que a postura do Departamento de Defesa (DoD) não tem contribuído para avanços substanciais na transição de suas demandas e de seu consumo de biocombustíveis e outras energias renováveis, pois são priorizados os substitutos com as mesmas características (*drop-in fuels*) dos combustíveis/energias fósseis.

No período recente tem ocorrido uma nova revolução energética nos EUA em função da redução do custo da energia e do resgate de atividades industriais que haviam sido deslocadas para outros países com custos de produção inferiores¹¹. Essa expansão na exploração de *shale* gás e do petróleo nos EUA foi favorecida pelo crédito farto e mais barato disponível no mercado, sobretudo antes de 2008, o que estimulou pequenas empresas a investirem onde obtiveram direitos de exploração de camadas subterrâneas ricas em *shale*. Outra característica favorável para baratear esse gás nos EUA é a imensa e complexa rede de dutos

¹⁰ Segundo Jornal Valor Econômico de 20/01/2014, o gás natural passará a ser o principal combustível consumido pelos americanos em 2027, subindo dos atuais 30% para 35%, enquanto a parcela do petróleo vai cair de 36% para 29%. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1109543>. Consultado em 10/11/2014.

¹¹ Segundo O Estado de São Paulo de 12/01/2014, “desde 2008, os Estados Unidos ampliaram em 50% a sua produção, graças à tecnologia que permite a retirada de petróleo de rochas de xisto”. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,xisto-reduz-venda-da-petrobras-aos-eua,175035e>. Consultado em 10/11/2014.

para distribuição do produto. Considerando que a infraestrutura de distribuição já era um ativo consolidado nesse mercado, e que os mecanismos regulatórios na exploração do gás são menos restritivos para as perfurações em terra, chega-se às variáveis-chave explicativas da forte expansão dos EUA na oferta de energia barata à base do gás (BARTIS et al, 2005; ARI, 2013; CARESTIATO, 2014). Além disso, as técnicas na exploração de gás foram beneficiadas pelo conhecimento existente para perfurações de petróleo e gás natural redirecionadas para a exploração de *shale* gás (BNDES, 2013).

Os incentivos para exploração de gás nos EUA ocorrem desde os anos 1970, quando o governo federal passou a apoiar o desenvolvimento de tecnologias de extração a partir da visão estratégica de explorar alternativas que contribuíssem para a redução da dependência energética de fontes externas ao país. BNDES (2013) cita quatro exemplos de resultado importante para o avanço desse segmento a partir do apoio do Estado: projetos de demonstração por meio de parcerias entre universidades e empresas privadas; técnicas de perfuração horizontal beneficiadas pelos estudos do *National Energy Technology Lab*; desenvolvimento de brocas de perfuração a partir da parceria entre a empresa General Electric e o Departamento de Energia (DoE) dos EUA. Além disso, houve apoio por meio de incentivos fiscais (entre 1980 a 2002) com a concessão de US\$ 0,50 por metro cúbico de gás natural não convencional produzido e de subsídios para os projetos de demonstração¹². É fato que essas ações contribuíram para o acúmulo de conhecimento e para um salto tecnológico que acelerou a extração de gás nos últimos anos nos EUA, gerando um componente competitivo para esse segmento.

As iniciativas voltadas à exploração de reservas de gás não convencional nos EUA têm chamado a atenção de outros países, apesar de suas dúvidas sobre os riscos e efeitos prejudiciais ao meio ambiente (BNDES, 2013). Isso porque a extração do gás/petróleo das rochas tem causado impactos ambientais nas regiões dos EUA onde os poços foram perfurados. Como o processo de extração (fraturamento) é feito à base de água (99,2% do material injetado), os resíduos químicos gerados retornam à superfície com a água não podendo ser descartados no solo. Além do forte odor de gás, o vazamento de resíduos polui os leitos naturais (BNDES, 2013; CARESTIATO, 2014).

¹² Segundo o BNDES (2013, p. 44), a empresa “Chesapeake Energy Corp, uma das principais empresas do setor, que apurou lucro antes do imposto de renda de US\$ 5,5 bilhões e pagou apenas US\$ 53 milhões de imposto de renda no mesmo período. Caso não houvesse esse incentivo, a empresa teria pagado cerca de US\$ 1,9 bilhão”.

Ainda que existam problemas associados à exploração do *shale*, eles não têm influenciado o governo federal americano a ter mais cautela na condução da expansão desse mercado. Como essas descobertas de fontes adicionais de combustíveis têm impulsionado o mercado e gerado expectativas positivas para a autossuficiência energética no país, os impactos desfavoráveis no mercado de biocombustíveis podem se ampliar, atrasando mudanças em padrões técnicos e no consumo. O mesmo pode ser dito para o caso brasileiro cujo mercado de etanol vem enfrentando uma situação adversa ao produto desde a crise financeira de 2008 e que coincide com o anúncio das novas reservas de petróleo do pré-sal, fato ocorrido um ano antes.

O pré-sal é o nome atribuído à camada profunda de rochas e sal onde estão as jazidas de petróleo abaixo do mar brasileiro entre Espírito Santo e Santa Catarina, cujas reservas são estimadas em 50 bilhões de barris de petróleo. A divulgação das novas reservas trouxe um misto de euforia pelos ganhos econômicos e dúvidas devido os desafios tecnológicos para um acesso seguro ao petróleo. Além disso, os elevados custos também foram apresentados como uma preocupação frente ao potencial de retorno financeiro. Contudo, enquanto o petróleo mantiver sua cotação em patamares elevados, projetos de exploração complexa como o pré-sal continuam viáveis. Desde então, a Petrobras que detém os direitos de exploração das jazidas já realizou grandes investimentos e tem conseguido avançar na exploração das jazidas, embora o comportamento dos preços internacionais afete diretamente tanto as expectativas acerca do pré-sal, como aquelas referentes ao mercado sucroalcooleiro no Brasil. Ao mesmo tempo isso também pode favorecer expectativas e transformações relacionadas à produção e consumo de etanol e outros biocombustíveis renováveis, que vão “competir” no mercado de combustíveis (cenário anterior a 2014). Com a queda do preço do petróleo (sobretudo a partir de 2014), o cenário para o etanol se torna desfavorável, pois ao decidir qual combustível comprar, o consumidor optará pela gasolina que terá custo relativo menor (se repassado adiante) e maior rendimento do que o etanol. Com isso o governo federal deve ter um papel central na definição de estratégias de desenvolvimento de médio e longo do etanol.

Se por um lado a exploração do pré-sal têm um significado importante para a autossuficiência energética do país e para a receita do Estado, por outro as atenções do governo federal são redirecionadas ao petróleo do pré-sal, colocando o etanol e biocombustíveis renováveis

em segundo plano¹³. Ainda que a crise financeira de 2008 tenha prejudicado diretamente o setor, fazendo com que projetos de investimentos fossem engavetados, empresas não tiveram capacidade de rolar dívidas e muitas usinas fossem fechadas. Desde então não se verifica o mesmo engajamento institucional por parte do governo federal para promover o consumo de etanol no país¹⁴, o que não deve estar orientado apenas por uma justificativa ambiental, mas também pelas potencialidades tecnológicas e econômicas associadas ao futuro do etanol de segunda geração, o qual pode gerar uma série de externalidades positivas para o país.

A crítica recorrente é de que não existe política pública clara para o setor de biocombustíveis no Brasil, mas apenas de gestão de preços dos combustíveis por parte da Petrobras para atender aos interesses relacionados a questões macroeconômicas (afetando nível de preços). Adicionalmente, segundo os empresários do segmento, o mercado de etanol tem de absorver e neutralizar as incertezas existentes perante as outras opções de combustíveis e às oscilações de preços do petróleo no cenário internacional. A crítica se baseia, sobretudo, no fato de que a partir de 2010 o governo federal começou a definir o preço da gasolina e do diesel para controlar a inflação no país. Essa ação somada ao foco no petróleo do pré-sal tende a diminuir ainda mais o interesse do governo federal no etanol como uma via estratégica para o desenvolvimento econômico no país, como observado após 2008 quando essa questão foi ignorada pelos presidentes Lula e Dilma.

Diferentemente do caso americano em que o fomento federal à pesquisa e desenvolvimento (P&D) em etanol de segunda geração tem sido expressivo, apesar do avanço da economia associada ao *shale*, verifica-se que no Brasil, historicamente, o segmento do petróleo obteve mais respaldo do fomento público para P&D comparativamente aos

¹³ Segundo O Estado de São Paulo de 20/09/2014, desde 2007 já foram fechadas 58 usinas na região centro-sul e muitas passaram a priorizar o açúcar frente ao etanol. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral/com-pre-sal-governo-deixa-etanol-de-lado,1563411>. Consultado em 03/10/2014. A revista Época, em reportagem de 05/11/2014, apresenta que desde a crise de 2008 já são 82 usinas que encerraram suas atividades no país. Disponível em: <http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/felipe-patury/noticia/2014/11/ja-sao-b82-usinas-de-alcool-fechadasb-por-cao-da-crise-do-setor.html>. Consultado 06/11/2014.

¹⁴ Mais informações sobre a visão de representantes do segmento podem ser obtidas na reportagem do Jornal O Estado de São Paulo de 20/09/2009: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral/concorrenca-do-pre-sal-ameaca-etanol,437950>. Consultado em 03/10/2014.

biocombustíveis, como ilustrado pela existência de um fundo setorial específico ao petróleo.

Por fim é preciso considerar que as empresas que exploram petróleo e aquelas que produzem biocombustíveis operam com estruturas de custos diferentes e tem seu comportamento afetado pela oscilação de preços do petróleo no mercado internacional institucionalizado. Assim, enquanto regras punitivas para emissões de gases de efeito estufa não forem adotadas, será necessário prover subsídios para induzir a produção de biocombustíveis (ALIC, 2013) ou até que os investidores percebam que os preços e o consumo de etanol e outros biocombustíveis não serão afetados por decisões políticas favoráveis a opções mais poluentes e com mercados historicamente mais fortes. Nesse sentido, as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico de longo prazo devem estar atentas para essas diferenças e para o cenário recente, sobretudo quando os governos federais não consideraram o papel dos biocombustíveis renováveis para a superação de problemas criados pela dependência das tradicionais fontes de energia.

Conclusões

As diferenças nas estruturas de mercado e os desafios para o aumento da produção e consumo de etanol no Brasil e EUA estão diretamente associados às posturas adotadas pelo Estado e pelas empresas. Assim, tendo como referência o SSPI do etanol é possível verificar que diretrizes e metas por políticas públicas são fundamentais para que o segmento produtor de etanol evolua num contexto em que prevalecem estratégias de curto prazo. Ao mesmo tempo, o setor privado avança mais ou menos conforme as expectativas definidas para o médio e longo prazo. Assim, se as decisões governamentais e o cenário econômico não se mostram alinhados com posturas favoráveis a estratégias de desenvolvimento econômico de longo prazo, ainda que elas sejam de difícil e mais custosa execução no curto prazo, os agentes que pertencem ao SSPI do etanol tendem a não incorporar tais decisões em suas perspectivas vis-à-vis o *status quo* do mercado de combustíveis.

A ampla diversidade institucional nos EUA com diversos mecanismos de fomento ao etanol de segunda geração difere na intensidade e abrangência do que se verifica no Brasil. A superação de desafios tecnológicos e minimização de incertezas associadas ao mercado de combustíveis, requer um Estado mais ousado, tendo em vista sua relevância para desenvolvimento do país no médio e longo prazo. Assim, a grande diferença entre Brasil e EUA está no fato de que

neste último as tentativas de reduzir a dependência de fontes de energia fósseis derivaram de diretrizes para o desenvolvimento tecnológico e sustentabilidade ambiental, enquanto no primeiro ocorreram apenas alguns movimentos esporádicos e não articulados. Se os países realmente desejarem aumentar a parcela de consumo de combustíveis menos poluentes, serão necessários mecanismos que alterem padrões técnicos e melhorem as expectativas para as atividades econômicas relacionadas a essa estratégia. Pois, enquanto não houver estabilidade nas ações e clareza no que se espera do etanol para o longo prazo, ao mesmo tempo em que os custos relativos da exploração do petróleo são menores, as escolhas continuarão a serem ditadas pelas opções mais “fáceis” de curto prazo e menos sustentáveis.

Referências

AEC. **Celulosic Biofuels: Industry Progress Report 2012-2013**. Prepared by the Advanced Ethanol Council (AEC). Washington, 2012.

ALIC, J.; SAREWITZ, D.; WEISS, C. e BONVILLIAN, W. A new strategy for energy innovation. *NATURE*, vol. 466 n.15, July 2010.

ALIC, J. **The rightful place of science: biofuels**. Consortium for Science, Policy and Outcomes (CSPO). Washington, DC. 2013.

ARI - Advanced Resources International. **EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment**. June 2013. Disponível em: http://www.adv-res.com/pdf/A_EIA_ARI_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resource%20Assessment.pdf

BARTIS, J.; LATOURRETT, T.; DIXON, L.; PETERSON, D.; e, CECCHINE, G. **Oil shale development in the United States: prospects and policy issues**. Prepared for the National Energy Technology Laboratory of the U.S. Department of Energy pela RAND Corporation. Arlington, 2005.

BELTRAME, C. **O etanol na diplomacia presidencial do governo Lula**. Trabalho de conclusão de curso (Relações Internacionais). Universidade do Vale do Itajaí. São José, 2008.

BNDES. Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **BNDES Setorial**, 37, mar. 2013.

CARESTIATO, G. L. **Estudo dos Impactos que o Desenvolvimento da Exploração e Produção de Shale Gas causa na Oferta e Consumo de Gás Natural e sua Relação com a Precificação do mesmo, analisando o caso**

dos EUA. Monografia (Engenharia do Petróleo). UFRJ/ Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2014.

CBO – Congressional Budget Office. **Federal Financial Support for the Development and Production of Fuels and Energy Technologies**. Issue Brief. March 2012. Disponível em: http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/attachments/03-06-FuelsandEnergy_Brief.pdf. Consultado em 20/03/2014

CHADDAD, F. UNICA: Challenges to Deliver Sustainability in the Brazilian Sugarcane Industry. **International Food and Agribusiness Management Review**. Volume 13, Issue 4, 2010.

CHAGAS, L. Biocombustíveis. Projeto Economia de Baixo Carbono: Avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas. Ribeirão Preto, 2012. Disponível em: http://ebc.fearp.usp.br/arq_docs/ea0a47a34a8bf055f6bcf2df1bbbcfc6.pdf. Consultado em 10/10/2014.

COYLE, W. **Next-Generation Biofuels: Near-Term Challenges and Implications for Agriculture**. USDA - Economic Research Service, Washington, May 2010. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/bio-bioenergy/bio-01-01.aspx>. Consultado em: 10/03/2014.

DARPA. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2015 Budget Estimates. RESEARCH, DEVELOPMENT, TEST AND EVALUATION, DEFENSE-WIDE. Volume 1 - Defense Advanced Research Projects Agency. March, 2014. Disponível em: <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Budget.aspx>

DOE. **Integrated Biorefineries: Biofuels, Biopower, and Bioproducts**. DOE/EE-0912. Bioenergy Technologies Office. May, 2013. Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/ibr_portfolio_overview.pdf. Consultado em 11/04/2014.

IEA. **Sustainable Production of second-generation biofuels potential and perspectives in major economies and developing countries**. Information Paper. OECD/IEA. Paris, 2010.

JANDA, K. KRISTOUF, L. and ZILBERMAN, D. **Biofuels: Review of Policies and Impacts**. CUDARE Working Papers – University of Berkeley. Paper 1119, 2011.

JOÃO, I.; PORTO, G.; e GALINA, S. A posição do Brasil na corrida pelo etanol celulósico: mensuração por indicadores C&T e programas de P&D. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas (SP), 11 (1), p.105-136, janeiro/junho 2012.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy** 31:247-264. 2002

. 2003. Sectoral system and innovation and technology policy. **Revista Brasileira de Inovação** 2:329-375. 2003.

MORAES, M. A. Desregulamentação da Agroindústria Canavieira: novas formas de atuação do Estado e Desafios do Setor Privado. In MORAES, M. A. e SHIKIDA, P. (orgs) **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002.

NELSON, R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas, Editora da Unicamp: 2006.

OLIVEIRA, M. D. e NACHILUK, K. Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo. **Revista Informações Econômicas**, SP, v.41, n.1, jan. 2011.

SAREWITZ, D. Missing weapons. **Nature**. Vol 464, nº 1. April 2010.

_____. Science agencies must bite innovation bullet. **Nature**. Vol 471, nº 137, March 2011.

TYNER, W. The US Ethanol and Biofuels Boom: Its Origins, Current Status, and Future Prospects. **BioScience**. Vol. 58, No. 7, July/August 2008.

WISE, T. **The Cost to Mexico of U.S. Corn Ethanol Expansion**. Working Paper nº 12-01. Global Development and Environment Institute (GDAE). Medford, 2012.

WISE, T. e MURPHY, S. **Resolving the food crisis: assessing global policy reforms since 2007**. Institute for Agriculture and Trade Policy. 2012

USDA. The Biomass Crop Assistance Program (BCAP) - Final Rule Provisions. News Release No. 0547.10. October, 2010. Disponível em: http://www.fsa.usda.gov/FSA/printapp?fileName=nr_20101021_rel_0547.html&newsType=newsrel. Acessado em 20/03/2014.