

BRUNO DIAS DE MACEDO

AS POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA PRODUÇÃO DE
BIOCOMBUSTÍVEIS: UMA DISCUSSÃO PARA O CASO DO ETANOL DE
PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à conclusão do Curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Wellington da Silva Pereira

CURITIBA

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

BRUNO DIAS DE MACEDO

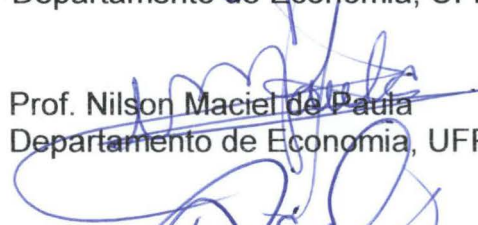
AS POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVES:
UMA DISCUSSÃO PARA O CASO DO ETANOL DE PRIMEIRA E SEGUNDA
GERAÇÃO

Monografia aprovada como requisito parcial para a conclusão do curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



Prof. Wellington da Silva Pereira
Departamento de Economia, UFPR



Prof. Nilson Maciel de Paula
Departamento de Economia, UFPR



Prof.ª Dayani Cris de Aquino
Departamento de Economia, UFPR

Curitiba, 16 de dezembro de 2013.

RESUMO

A expansão da produção dos biocombustíveis ocorrida nas últimas décadas apresenta um aspecto positivo, a redução da participação dos combustíveis fósseis na matriz energética dos países, e um aspecto negativo, pode aumentar os preços dos alimentos, se estes forem utilizados como matérias-primas para obtenção do biocombustível. Uma alternativa a este problema está sendo desenvolvida e consiste na utilização de resíduos da agricultura ou de florestas comerciais como matérias-primas para produção de biocombustíveis, os quais recebem o nome de biocombustíveis de segunda geração. O Brasil é atualmente o segundo maior produtor de etanol do mundo, e apresenta grande potencial para ser um dos maiores produtores de etanol de segunda geração, pois gera grande quantidade de resíduos da produção de cana de açúcar, o bagaço e a palha da cana de açúcar. Este trabalho discute as perspectivas do desenvolvimento do etanol de segunda geração no Brasil e avalia alguns indicadores de desempenho da pesquisa e tecnologia com este biocombustível no país.

Palavras-chave: Etanol de segunda geração. Biocombustíveis. Redes de inovação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OS REFLEXOS DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS PREÇOS DOS ALIMENTOS	7
2.1 O DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS ESTADOS UNIDOS	7
2.2 O IMPACTO DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS PREÇOS DOS ALIMENTOS E A CRISE DA TORTILHA.....	10
2.3 AS VANTAGENS DO ETANOL PRODUZIDO A PARTIR DE CANA DE AÇÚCAR NA SEGURANÇA ALIMENTAR	14
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
3 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL	21
3.1 BIOCOMBUSTÍVEIS DE PRIMEIRA GERAÇÃO	21
3.1.1 Etanol produzido a partir da cana de açúcar	21
3.1.2 Biodiesel	28
3.2.1 Etanol de segunda geração.....	32
3.3 O DESENVOLVIMENTO DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO NO BRASIL ATRAVÉS DE REDES DE INOVAÇÃO.....	38
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
4 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Um futuro energético sustentável obrigatoriamente deve contemplar o desenvolvimento de fontes renováveis de energia. Uma demanda social atual é a exigência de uma matriz energética mais limpa, ou seja, menos dependente de combustíveis fósseis. Por isso, grande esforço vem sendo feito por governos, empresas e universidades para pesquisar qual seria a energia renovável mais eficiente e viável. Entre os substitutos aos derivados de petróleo, gasolina e óleo diesel, os biocombustíveis acabaram sendo eleitos como os mais prováveis substitutos.

No entanto, há uma questão muito sensível na discussão sobre a produção de biocombustíveis. Alguns deles são produzidos a partir de matérias-primas que também são utilizadas na alimentação humana e animal, como por exemplo, o milho. Deste modo, um aumento na produção de um biocombustível com esta característica poderia deslocar parte da produção destinada à alimentação para suprir a demanda da produção do biocombustível, o que poderia implicar em aumento do preço do alimento impactando os consumidores.

Entre os biocombustíveis que mais se destacaram estão o etanol e o biodiesel. Essa maior aceitabilidade, em parte, deve-se ao fato de que estes biocombustíveis podem ser misturados aos combustíveis fósseis, de modo a facilitar sua introdução. Nesse contexto, o Brasil ocupa posição privilegiada, pois o etanol pode ser produzido a partir da cana de açúcar, cultura amplamente produzida no país.

Para solucionar o problema da utilização de produtos consumidos como alimentos, uma nova alternativa vem sendo alvo de esforços de pesquisadores. Consiste na produção de biocombustível a partir de resíduos da agricultura ou de florestas, denominado biocombustível de segunda geração.

O objetivo deste trabalho é apresentar o contexto atual da produção de biocombustíveis no Brasil e discutir as perspectivas do desenvolvimento do etanol de segunda geração no país, de modo a avaliar alguns resultados da produção científica e desenvolvimento de tecnologia com o etanol de segunda geração.

No capítulo 2 é apresentada a discussão sobre o impacto dos biocombustíveis nos preços dos alimentos; a crise do México, ocorrida no início do século, é utilizada como ilustração desta questão. Posteriormente, é feita a diferenciação entre o etanol obtido a partir da cana, do etanol obtido a partir do milho a fim de ressaltar a importância da distinção correta entre os biocombustíveis.

No capítulo 3 é apresentado um panorama geral da produção de biocombustíveis no Brasil. A ênfase é dada para a produção de etanol de primeira geração, porém, a produção do biodiesel também é abordada. Por fim, discute - se as perspectivas do desenvolvimento do etanol de segunda geração no Brasil e avalia-se a situação dos avanços científicos e tecnológicos deste tipo de biocombustível.

2 OS REFLEXOS DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS PREÇOS DOS ALIMENTOS

As grandes perguntas da discussão do futuro energético global já não envolvem mais as questões sobre a adoção ou não de biocombustíveis como instrumentos de diversificação da matriz energética. Eles já são uma realidade na maioria dos países. Atualmente, o debate gira em torno de como utilizá-los corretamente e quais são as melhores opções a serem adotadas.

Um dos principais problemas que devem ser solucionados consiste em como conciliar a expansão da produção de biocombustíveis sem provocar desequilíbrios no fornecimento de alimentos. Para caminhar em direção à resposta desta pergunta, faz-se necessário compreender quais são os reflexos da produção de biocombustíveis nos preços dos alimentos.

O presente capítulo aborda esta questão utilizando do exemplo do etanol. Na subseção 2.1 é abordada a experiência dos Estados Unidos em fomentar a utilização de milho para produção de etanol e suas implicações. Na subseção 2.2 a discussão sobre o impacto dos biocombustíveis nos preços dos alimentos é ilustrada por meio do caso da Crise do México e a produção de etanol de milho nos Estados Unidos. Na subseção 2.3 a situação da produção de etanol a partir da cana de açúcar é analisada. Este tipo de biocombustível ocupa um lugar privilegiado frente aos seus pares devido a algumas características particulares que permitiram o seu reconhecimento como “combustível avançado”.

2.1 O DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS ESTADOS UNIDOS

A produção de etanol nos Estados Unidos apresentou uma grande aceleração a partir do ano 2000. A produção em 2012 representava nove vezes o que foi produzido no início da década. Consequentemente, a demanda dos produtores de etanol apresentou comportamento semelhante e foi responsável por deslocar 40% do milho produzido no país, essa proporção era de 5% doze anos antes (WISE, 2012, p.3).

Os Estados Unidos só conseguiram atender de forma satisfatória este novo ciclo de mercado, pois seu governo decidiu priorizar o fomento da cadeia produtiva do milho através de diversas ações governamentais tomadas a partir da década de 70. Em 1974, em meio à crise energética mundial ocorrida pelo embargo dos países que compunham a OPEP– Organização dos produtores exportadores de Petróleo - o fornecimento do produto foi interrompido, o que provocou uma disparada dos preços do barril do petróleo. Este evento serviu de alerta a maioria dos países da necessidade da redução da exposição ao combustível fóssil e buscar outras formas de energia. Foi com esta motivação que no mesmo ano, o presidente Jimmy Carter foi à televisão e fez um discurso à sua nação declarando que o país iria buscar balancear sua demanda energética com recursos domésticos (RUNGE E SENAUER, 2007).

A primeira grande medida após esse pronunciamento foi em 1978 a instituição do Ato da Tarifa da Energia, o qual foi responsável por introduzir um subsídio para misturar etanol à gasolina. Em seguida, em 1980, o Ato de Segurança Energética estimulou o fornecimento de empréstimos com garantias para pequenos produtores de etanol, além de assegurar a compra de parte da produção e estipular uma tarifa sobre a importação de etanol. Logo após houve um esforço para ajudar no desenvolvimento de carros com motores flexíveis. Já na década de 1990, o combustível que recebia reduções tarifárias era o E10 (mistura de 10% de etanol à gasolina), neste mesmo período ainda era praticada a tarifa de US\$ 54 centavos por galão, equivalente a 3,78 litros, sobre etanol estrangeiro. Em 1992, com o Ato de Política Energética foi estipulado o E85, combustível misturado com 85% de etanol, como complemento foram oferecidos deduções de impostos aos proprietários de automotores que optassem pela conversão para motores que pudessem funcionar com este tipo de combustível. No ano de 1997, houve um esforço do governo para estimular a produção em massa de veículos com motores flexíveis capazes de rodar com o E85. Em 1998, o prazo para a existência do subsídio de US\$ 0,54 centavos/galão foi estendido até 2007, no entanto, este iria sofrer redução gradativa até US\$ 0,51 centavos/galão em 2005. Durante a década de 90 a inversão da tendência do preço do barril do petróleo foi compensada por uma intensificação na política de subsídios concedida aos produtores de etanol, o

que resultou em um aumento da produção do biocombustível de 1 bilhão de litros, em 1992, para mais de 1 bilhão e 700 milhões de litros ao final de 2001 (FAO, 2013).

No início deste século a demanda por biocombustíveis passou por um novo ciclo de expansão principalmente após a promulgação em 2003 de um novo marco legal denominado Padrão dos Combustíveis Renováveis. Um dos principais pontos desta nova legislação e que afetou diretamente a dinâmica do mercado do etanol foi o banimento do uso da substância MTBE (éter-metil-terciário butílico) após a constatação de sua toxicidade. Este composto era utilizado como mistura na gasolina e o substituto eleito foi o etanol. Segundo Keeney (2009, apud WISE, 2012) só este evento foi responsável por gerar uma demanda adicional de 13,2 bilhões de litros. Em 2007, outro marco importante na atuação governamental como agente fomentador do setor produtor de etanol foi a expansão da meta estabelecida por mandato para utilização do etanol que até 2015 deveria ser de 56,8 bilhões de litros. Outra resolução polêmica do mesmo pacote de medidas foi a determinação que até 2022 os Estados Unidos deveriam incorporar em sua demanda energética 136 bilhões de litros de biocombustíveis, sendo que deste total obrigatoriamente 80 bilhões de litros deverão ser obtidos de combustíveis avançados, os quais incluem apenas o etanol de cana, e o de milho não é considerado neste grupo. Segundo a legislação estadunidense somente são considerados combustíveis de fontes renováveis aqueles que reduzem em mais de 50% a emissão dos gases do efeito estufa provocada pela gasolina e pelo diesel (FAO, 2013).

A indústria da produção do milho e etanol nos Estados Unidos absorveu enorme volume de recursos do governo para prosperar, e mesmo em épocas de alta no preço do milho, em que maiores lucros obtidos pelos produtores deveriam implicar uma redução gradativa dos subsídios destinados a eles, isso não ocorreu. Somente no ano de 2005 os subsídios diretos ao setor eram da ordem de US\$ 8.9 bilhões (RUNGE E SENAUER, 2007).

Todos estes incentivos governamentais ajudaram os Estados Unidos a consolidar-se como o principal ator global deste mercado. O resultado destas políticas pode ser constatado pelo aumento de números de plantas de destilarias no país. Em 1984 depois de algumas das medidas citadas previamente, o número de plantas no

país era de 163. Após a crise que o setor enfrentou com a queda do preço do petróleo, apenas 74 usinas estavam em operações no ano de 1985. Na tabela 1 apresenta-se a evolução do número de plantas e da capacidade instalada do ano de 2000 a 2008 (PELKMANS, GOVAERTS E KESSELS, 2008).

TABELA 1 – PLANTAS DE ETANOL E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DOS ESTADOS UNIDOS

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Número de plantas	54	56	61	68	72	81	95	110	134
Capacidade instalada (em litros)	6.619	7.274	8.885	10.245	11.737	13.791	15.857	20.792	27.363

FONTE: Pelkmans, Govaerts e Kessels (2008,p.81).

Os Estados Unidos são os maiores produtores de milho do mundo e esta posição foi determinante para a prioridade dada ao desenvolvimento do etanol como combustível substituto aos derivados de petróleo. A necessidade de suprir esta nova demanda acabou por deslocar parte da produção de milho destinada para consumo humano e animal. Este cenário de alta nos preços do milho foi acompanhado por altas nos preços dos alimentos e do barril de petróleo, o que levou a muitos questionamentos interessados em saber se a introdução dos biocombustíveis não teria exercido alguma influência em inflacionar os preços das commodities agrícolas e dos alimentos. Segundo Senaeur e Runge (2007) para se encher um tanque com capacidade de 25 galões de um utilitário esportivo com etanol obtido do milho é necessário o consumo de, aproximadamente, 204 kg de milho, o que corresponde a calorias suficientes para alimentar uma pessoa por um ano.

2.2 O IMPACTO DA PRODUÇÃO DE ETANOL NOS PREÇOS DOS ALIMENTOS E A CRISE DA TORTILHA

Entre os fatores que afetam os preços dos alimentos estão o aumento no preço do petróleo, o crescimento econômico e populacional e o aumento da especulação com os preços das commodities nos mercados futuros. Um fator relativamente novo que

vem sendo estudado é a introdução dos biocombustíveis. Como grande parte destes utiliza como matéria-prima produtos que são consumidos na alimentação humana e animal, sua introdução atuaria deslocando parte da produção implicando em aumento de seu preço.

Um estudo divulgado pela Academia Nacional de Ciências (2011, apud WISE, 2012) sintetizou onze estudos que abordaram o pico de preços dos alimentos observado em 2007 e apontaram que 20% a 40% deste movimento poderia ser explicado pela expansão dos biocombustíveis ao redor do mundo (WISE, 2012).

Conforme citado ao final da subseção 2.2 o milho é um dos alimentos mais importantes devido a sua vasta utilização no consumo humano e como insumo de diversos outros alimentos, dos mais rudimentares aos mais industrializados. Portanto, a política de fomento a produção de etanol, praticada nos Estados Unidos é muito relevante no contexto global, já que o país é o maior produtor mundial do grão e mudanças na dinâmica entre os ofertantes e os consumidores a nível doméstico repercutem nos mercados internacionais. O estudo de Abbott, Hurt et al. (2008, apud WISE, 2012) aponta que, no mesmo ano, as políticas adotadas pelo país foram responsáveis por 25% do aumento nos preços internacionais do milho, os quais também foram influenciados pelo aumento do preço do petróleo no período (WISE, 2012).

Os impactos ocasionados por aumentos nos preços dos alimentos podem variar entre os países. No caso dos exportadores de alimentos este cenário pode ser positivo, pois como as exportações estão mais caras, a nova situação permite que estes aufram lucros maiores. Enquanto para países importadores esta situação implica em perdas já que deverão destinar mais de sua renda para custear as importações mais caras. Em termos fiscais, o aumento dos preços dos alimentos também pode ser danoso caso seja praticada uma política de subsídios a alimentos, e estes ocupem parcela importante do orçamento governamental. Logo, preços maiores implicam em custos mais elevados para sustentar os subsídios, o que implica em redução de recursos que poderiam ser destinados a educação, pesquisa na agricultura, saúde e estradas. A carência de investimentos nestes setores impacta negativamente o crescimento econômico destes países (FAO, 2011).

Um caso emblemático, de como os biocombustíveis podem interferir nos preços dos alimentos e, conseqüentemente, na segurança alimentar dos países, é o caso da crise do México que ficou conhecida como “Crise da Tortilha” (WISE, 2012).

O México importa mais de um terço do milho que consome, sendo que a maior parte vem dos Estados Unidos. Com o advento do NAFTA – Tratado de Livre Comércio da América do Norte – no ano de 1994 as proteções comerciais foram removidas e os fluxos comerciais entre os países foram intensificados, os Estados Unidos passaram a exportar milho, carne e outros grãos, enquanto o México aumentou sua fatia nas exportações de frutas e vegetais. Esta alteração no padrão de comércio entre os países levou a um aumento da relevância do milho nas importações mexicanas, produto que respondia por 7% no início de 1990 e chegou a 34% das importações nos últimos anos. Nos anos anteriores ao acordo de livre comércio o milho era comercializado a preços baixo, o que não pressionava as finanças do México. Porém, com a guinada nos preços da commodity a política de importação do grão tornou-se extremamente dispendiosa. Em 1990, o gasto com as importações do milho eram de US\$ 2,6 bilhões, este valor aumentou para US\$ 6,4 bilhões em 2000 e atingiu o máximo de US\$ 18,4 bilhões em 2011. Os efeitos desta deterioração nas relações comerciais foram sentidas na balança comercial do país, que passou de um pequeno superávit em 1990 para um déficit de US\$ 2,5 bilhões ao final de 2011, alcançando um pico de US\$ 4,6 bilhões em 2008 (WISE, 2012).

As repercussões deste desequilíbrio no balanço de pagamentos do país atingiu diretamente o povo mexicano, cuja dieta é centrada em alimentos a base de milho, especialmente a tortilha, amplamente consumida pela camada mais pobre da população. Embora este alimento seja feito a partir de milho branco, utilizado primordialmente como insumo para produção de animais e alimentos processados, o preço dele foi afetado pelo aumento do preço do milho amarelo, pois ambos podem atuar como substitutos em muitas situações. Este cenário culminou em uma corrida para comprar este alimento, o que resultou em disparada do preço das tortilhas no país, gerando protestos e forçando o governo a introduzir uma política de controles de preços para o alimento. Entre 2005 e 2011 o preço das tortilhas aumentaram quase 70% (WISE, 2012).

Para compreender como este evento Babcock (2011, apud WISE, 2012) utilizou um modelo de equilíbrio parcial para tentar isolar os efeitos da produção do etanol de milho dos Estados Unidos. O mérito do modelo é tentar avaliar qual teria sido o impacto no preço do milho se a produção de etanol não tivesse sido expandida após o ano de 2004. Os resultados indicam que o preço do milho seria menor caso não houvesse a expansão do etanol. A diferença entre os preços varia de 2,5% em 2005-2006 e cresce progressivamente até 20,9% no final do período de 2009-2010 (WISE, 2012).

Para complementar as informações extraídas por Babcock (2011, apud WISE, 2012), Wise (2012) calcula em valores monetários quanto custou ao México à expansão do etanol estadunidense, ele faz isso ao calcular em toneladas o volume das importações mexicanas desde 2004 e multiplica pelo diferencial de preços obtidos por Babcock (2011, apud WISE, 2012). A conclusão obtida é que desde 2004 a política adotada pelos Estados Unidos custou ao México U\$ 1,3 bilhão. Algumas ressalvas são feitas com relação ao valor obtido. Wise(2012) afirma que ele está subestimado porque não foram levados em conta alguns fatores.

As estimativas dos impactos nos preços obtidas por Bacock (2011, apud WISE, 2012) estão no ponto mínimo do intervalo de 20 a 40% encontrado na literatura. Uma explicação para isso reside no fato destes valores levarem em consideração a contribuição dos biocombustíveis em geral sobre os preços dos alimentos. Caso fosse calculada apenas a influência do etanol de milho sobre os preços do milho, certamente o impacto observado seria maior. Um segundo ponto é que as estimativas também não consideram o papel da especulação financeira propiciada pelos estoques baixos. Estudos de Lagi e Bar-Yam et al. (2011, apud WISE, 2012) empregaram uma metodologia diversa para estudar os efeitos da expansão do etanol e da especulação financeira sobre os preços do milho. Em seu modelo, os autores encontraram valores maiores para o custo da política de promoção ao etanol praticada pelos Estados Unidos. De acordo com este novo cálculo, no período de 2003 a 2011, a expansão do biocombustível custou ao México mais US\$ 3 bilhões, dos quais US\$1,4 bilhão pode ser creditado exclusivamente à especulação financeira. Ademais, o aumento nos preços do milho observado foi de 27% e a especulação financeira forçou um aumento de 13% (WISE, 2012).

Esta subseção teve como propósito demonstrar, através do caso da Crise do México, que o tipo de matéria-prima utilizada na produção de biocombustíveis é fundamental para determinar a intensidade do impacto na segurança alimentar dos países e nos mecanismos de transmissão nos preços dos alimentos. Neste caso, como o etanol produzido nos Estados Unidos é obtido a partir do milho, e este produto é de importância vital na dieta humana, sendo utilizado como insumo na produção de alimentos como no caso da produção da tortilla mexicana, o deslocamento da produção do grão para atender a demanda dos produtores de biocombustíveis afetou de forma significativa o preço do produto.

2.3 AS VANTAGENS DO ETANOL PRODUZIDO A PARTIR DE CANA DE AÇÚCAR NA SEGURANÇA ALIMENTAR

O etanol produzido a partir da cana de açúcar recentemente foi reconhecido pelo governo dos Estados Unidos como “combustível avançado”. Esta definição feita pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA se refere a qualquer combustível renovável, que não o etanol obtido por meio do amido do milho, e cujo ciclo de vida das emissões dos gases do efeito estufa seja pelo menos 50% menor do que o emitido pela gasolina e pelo diesel. Este evento é um marco importante na história recente da competição entre os dois principais produtores de etanol, Estados Unidos e Brasil, e reforça a discussão sobre as diferenças entre o etanol brasileiro e o etanol estadunidense (FAO, 2013).

O papel da atuação governamental no fomento à produção de etanol, assim como no caso dos Estados Unidos, foi primordial ao fornecer meios para que os desenvolvimentos tecnológicos fossem construídos e transmitidos ao campo aumentando a produtividade do etanol brasileiro e colocando este setor em destaque no mercado mundial. O Brasil foi durante muito tempo líder na produção mundial de etanol, mas perdeu sua liderança recentemente para os Estados Unidos. Antes de elencar os principais diferenciais deste tipo de biocombustível é necessário que se introduza um breve histórico da evolução do setor no Brasil.

A necessidade de construir uma política de fomento a produção só foi percebida com o agravamento da crise energética mundial da década de 70, que serviu de alerta quanto aos riscos da alta exposição à instabilidade entre os produtores dos combustíveis fósseis. Simultaneamente, o preço do açúcar estava em queda e havia excedente na produção doméstica desta commodity. A saída desenhada foi estimular o consumo e a produção do etanol, estes objetivos foram incorporados no Proalcool (Programa Nacional do Álcool).

O programa consistia em duas fases. A primeira fase possuía dois objetivos: a expansão das destilarias existentes e aumentar as taxas de misturas do etanol anidro na gasolina, já que os motores a gasolina funcionavam perfeitamente com 24% de álcool anidro misturado à gasolina. A iniciativa de expandir as destilarias foi levada à frente oferecendo subsídios ao financiamento das obras. Neste primeiro momento, não havia um compromisso em aumentar consideravelmente a produção de etanol, ela ainda era baixa e dependente do preço do açúcar, quando este estava baixo, a produção era deslocada para atender a demanda para produção do biocombustível (PELKMANS, GOVAERTS ET AL, 2008).

Na segunda fase, a partir da década de 1980, o principal objetivo era promover os veículos automotores movidos exclusivamente a etanol. Estes motores foram desenvolvidos inicialmente em centros de pesquisas públicos, mas depois sua pesquisa foi transferida para centros privados. Também foram destinados subsídios para construção de usinas autônomas dedicadas somente à produção de etanol. Este segundo momento do programa priorizou, por meio das medidas citadas, o estabelecimento de um mercado para o etanol que fosse isolado do mercado de açúcar. Parte das medidas visava atender a grupos de interesse que influenciaram na decisão em promover o etanol, outra parte era de cunho regulatório, e sua finalidade era garantir que as montadoras fabricassem carros movidos a etanol e que as empresas distribuidoras de combustíveis se responsabilizassem pelo fornecimento do etanol em todo território nacional (PELKMANS, GOVAERTS ET AL, 2008).

As garantias fornecidas pelo governo, como as oferecidas pelo controle de preços, serviam de estímulo para os empreendedores realizarem os investimentos necessários sem se preocuparem se a produção seria integralmente consumida. Os

incentivos à pesquisa em áreas relacionadas ao etanol também foram importantes, diversas parcerias entre órgãos públicos e universidades foram estabelecidas, e progressos importantes foram feitos em áreas estratégicas como biotecnologia, melhoramento genético e desenvolvimento de motores (PELKMANS, GOVAERTS, KESSELS, 2008).

Os programas de melhoramento genético iniciados nesta época foram cruciais para melhorar a adaptabilidade da cana-de-açúcar ao solo e clima brasileiro e reduzir a exposição da lavoura a pragas e doenças. Atualmente, 80% de toda a cana plantada provém de 20 variedades de planta (CGEE, 2009).

A inovação tecnológica exerceu um papel importante no aumento da competitividade da cana de açúcar. Em 1971 foi criado o Plano Nacional de Melhoramento de Cana de Açúcar, também conhecido como Planalsucar, esta instituição ganhou força com o lançamento do Proalcool chegando a lançar 19 variedades novas entre os anos de 1977 e 1978. Com a crise enfrentada pelo setor sucroalcooleiro na década de 1980, o Planalsucar foi dissolvido, mas o capital humano e intelectual criado foi transferido para um convênio entre sete universidades federais, o que originou a Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA). Esta nova instituição ainda está em atuação e lançou mais de 65 variedades em vinte anos de existência. Segundo este autor é extremamente importante o lançamento contínuo de novas variedades, pois estas tem a tendência de apresentar rendimentos menores com o tempo (NYKO *et al.*, 2011).

Um fator importante que contribui na maior competitividade do etanol de cana de açúcar é que a cana de açúcar exige menor área para seu plantio comparado com o milho. No caso da cana de açúcar um hectare produz 90 toneladas de cana e entre sete e oito mil litros de etanol, enquanto nos Estados Unidos, consegue-se produzir de 15 a 20 toneladas de milho e 3.500 litros de etanol em um hectare (WEINGRILL, 2007).

A superioridade do etanol de cana de açúcar quando comparado com o etanol de milho pode ser explicada por particularidades da agricultura brasileira na dinâmica do uso da terra. O processo de intensificação na pecuária foi responsável em diminuir a necessidade do uso da terra. A pecuária brasileira, entre os anos de 2002 e 2012, aumentou sua produtividade, no início deste período ela produzia 38 kg de carne por

hectare, ao final do período passou a produzir 56 kg de carne por hectare. Este processo de intensificação na produção de carne foi responsável por liberar áreas para a expansão do plantio da cana de açúcar. Segundo Adami (2012, apud NASSAR, MOREIRA, 2013) no período entre 2005 e 2009, 69,7% da expansão da cana de açúcar foi sobre áreas de pastagens. De acordo com o Censo da Agricultura brasileira, a área de pastagem tem aumentado no Brasil desde 1985 alcançando 179 milhões de hectares. Com a publicação do censo posterior, dez anos depois, a área de pastagem tinha sido reduzida para 177 milhões de hectares. No censo de 2006, o total da área de pastagem era de 160 milhões de hectares, o que representou uma redução de 17 milhões de hectares (NASSAR, MOREIRA, 2013).

Um fator importante na discussão sobre o impacto da expansão da produção de cana de açúcar sobre a dinâmica do uso da terra no Brasil consiste no tamanho da área de plantio de açúcar. Segundo Castiglioni (2004, apud MACEDO, 2007), há aproximadamente 100 milhões de hectares aptos à expansão da agricultura de lavouras temporárias, como é o caso da cana de açúcar. Além disso, a área de plantio de cana de açúcar representa, aproximadamente, 1% do território nacional, o que representa uma área de 8,51 milhões de hectares.

Em CGEE (2009), foi feito um levantamento das áreas potenciais para a expansão da produção de cana de açúcar no território nacional. No estudo foram excluídas terras que integravam três biomas de particular interesse de preservação, a Amazônia, o Pantanal e a Mata Atlântica. Também foram desconsideradas reservas ambientais, parques nacionais, áreas indígenas, áreas militares e áreas urbanas. Ainda foram desconsideradas áreas com uma declividade maior de 12%, impróprias para a colheita mecanizada, já que a colheita manual é baseada em um regime de trabalho duro e degradante, e por isso, tem sido feito um esforço para reduzi-la gradativamente. O resultado desse estudo apontou para áreas principalmente localizadas no Centro-Oeste, Norte e Nordeste, totalizavam 80,2 milhões de hectares estariam disponíveis para o cultivo até o ano de 2025, deste total são excluídas a área ocupada por outras culturas. A projeção de aumento da produtividade média agrícola utilizada em 20 anos foi de 40,5%, o que significa uma média de 1,7% ao ano. Com estes números, seria possível produzir 5,1 bilhões de toneladas de cana por ano em 64,2 milhões de

hectares, pois 20% dos 80,2 milhões devem ser destinados à reserva legal. Este total de cana gerado poderia produzir 434 bilhões de litros de etanol ao ano, o que representaria uma produtividade de 85 litros toneladas por tonelada de cana de açúcar (CGEE, 2009).

Ainda com relação ao argumento baseado na concorrência de recursos, Martins (2010, apud SIMAS, 2010) demonstra que a produção de cana de açúcar pode ser utilizada como complementar a outra produção de modo a reduzir a quantidade de recursos que seria demandada caso as produções fossem executadas individualmente. No Brasil, especificamente, no estado do Rio Grande do Sul, foi posto em operação um projeto cujo objetivo é estimular a criação de uma cooperativa de agricultores familiares. O projeto consiste no plantio de até dois hectares de cana de açúcar, a qual é utilizada como matéria-prima no processamento em microdestilarias da região para produção de etanol da região, posteriormente, parte do bagaço da cana é utilizada na alimentação do rebanho de gado leiteiro (SIMAS, 2010).

A preocupação dos ambientalistas com a expansão da produção do etanol consiste no perigo do avanço da monocultura de cana de açúcar o que reduziria a diversidade de culturas cultivadas. Se essa suspeita se concretizasse, isso acarretaria em pressões sobre o solo, o que implicaria em impactos negativos no solo, na água e na biodiversidade da região afetada. Com o intuito de investigar essa questão foi analisada a evolução das principais culturas do Centro- Sul entre os anos de 1990 e 2005. Simas (2010) constatou que durante este período no estado de São Paulo o plantio de cana de açúcar cresceu 85% enquanto café e feijão foram as que mais sofreram redução, 60,9% e 55%, respectivamente. No estado do Paraná, o crescimento foi ainda maior, 153,7%, a cultura de soja também apresentou um crescimento expressivo de 83%. A pecuária aumentou 17,8%. As culturas que mais diminuíram no estado foram o café e o feijão com 31,2% e 75,3%, respectivamente. A situação observada no Mato grosso foi expressiva, durante o período analisado, o crescimento foi de 216,7% ao passo que lavouras permanentes como a de banana e café sofreram reduções significativas de 43% e 82%, respectivamente. Movimento semelhante foi constatado nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, a

cultura de cana de açúcar aumentou em todos eles com redução de outras lavouras (SIMAS, 2010).

Em outro estudo, Bressan (2000, apud MACEDO, 2007) faz um levantamento sobre a utilização do cerrado brasileiro pela agropecuária brasileira. Este autor afirma que a expansão da cana de açúcar sobre o bioma foi relativamente pequena, e avanço feito foi predominantemente sobre áreas de pastagens. Entre os anos de 1993 e 2003, a área da expansão da cana de açúcar sobre o cerrado foi de 300 mil hectares, a mérito de comparação, a área ocupada pela expansão da cana no Centro-Sul, durante o mesmo período, foi de 1,4 milhão de hectares (MACEDO, 2007).

Caso este movimento constatado esteja relacionado diretamente com a expansão da produção de etanol, conclusão que não é feita no estudo citado acima, uma alternativa importante a ser considerada será o desenvolvimento tecnológico do etanol de segunda geração, esta discussão será abordada no capítulo 3 do presente trabalho.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentado como o Brasil e os Estados Unidos desenvolveram seu programa de biocombustíveis, o primeiro escolheu o etanol obtido a partir da cana de açúcar como principal alternativa ao uso de combustíveis fósseis, enquanto o último optou por desenvolver o etanol obtido a partir do milho. Ambas as escolhas foram embasadas devido ao domínio obtido na produção destas matérias-primas, o Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo e os Estados Unidos, o maior produtor de milho do mundo.

Depois, foi mostrado como a utilização de certas matérias-primas pode influenciar outros mercados, como o mercado de alimentos, e provocar distorções nos preços destes alimentos. Neste ponto, foi exposta a principal diferença entre o etanol produzido a partir de cana do etanol produzido a partir do milho, já que este último utiliza uma matéria-prima que é elemento central na dieta alimentar humana e animal, além de ser utilizado como insumo para produção de outros alimentos. Logo, o deslocamento de parte da produção do milho para a produção de etanol acabou por

provocar desequilíbrios nos preços dos alimentos. Esta dinâmica foi ilustrada no caso da Crise do México.

Foi demonstrado que o etanol produzido a partir da cana de açúcar apresenta vantagens sobre a produção que utiliza o milho como matéria-prima. Além do etanol de cana ser mais produtivo que o etanol obtido a partir do milho, a dinâmica do uso da terra na agricultura brasileira e o processo de intensificação da produção de gado foram fatores que anularam ou reduziram sobremaneira o principal efeito de transmissão da expansão da produção de biocombustíveis nos preços dos alimentos, a concorrência por recursos, especialmente, por terras. Ademais, a pequena representatividade do plantio da cana de açúcar em relação ao território nacional e ao total de terras agricultáveis no Brasil, reforça a evidência de que o país não sofre da restrição deste recurso.

3 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Neste capítulo é apresentado um panorama geral sobre a produção de biocombustíveis no Brasil. É feita uma breve explanação sobre o contexto recente de produção do etanol de cana de açúcar e dos diversos tipos de biodiesel. Na subseção 3.1 são abordados os biocombustíveis de primeira geração, sendo os mais relevantes são o etanol e o biodiesel. E na subseção 3.2 destacam-se algumas informações relevantes sobre os biocombustíveis de segunda geração. Na sequência são apresentados alguns comentários para fechamento do capítulo 3.

3.1 BIOCOMBUSTÍVEIS DE PRIMEIRA GERAÇÃO

Conforme especificado por FAO (2013) os biocombustíveis de primeira geração agrupam o etanol produzido a partir de matérias-primas ricas em açúcares, como por exemplo, cana de açúcar, beterraba, sorgo; ou de matérias-primas ricas em amido, como é o caso do milho, trigo, mandioca. Inclui-se neste grupo também o biodiesel produzido de óleos de sementes, como aqueles da soja, mamona, girassóis, canola, ou a partir de gordura animal. A principal característica deste grupo é que a maioria dos produtos é utilizada para alimentação humana e animal. No Brasil, os biocombustíveis de primeira geração que são mais utilizados são o etanol de cana de açúcar e o biodiesel produzido a partir de óleo de soja, óleo de dendê e gordura animal.

3.1.1 Etanol produzido a partir da cana de açúcar

O Brasil é o maior produtor de etanol de cana de açúcar do mundo, no entanto, é apenas o segundo maior produtor de etanol atrás dos Estados Unidos que o produzem a partir do milho. Porém, o etanol produzido no Brasil é mais competitivo do que o estadunidense como foi apresentado no capítulo 2 deste trabalho. A demanda por

etanol pode ser dividida em interna e externa, a primeira é formada, essencialmente, pelos automóveis flex, enquanto a última é formada pelos mandatos criados por diversos países garantindo uma certa taxa de mistura do etanol aos combustíveis utilizados nestes locais.

Para se compreender o mercado de etanol deve-se antes olhar alguns indicadores do mercado de cana de açúcar, já que eles estão intimamente relacionados. De acordo com dados disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (2012, apud EPE, 2012) referente à safra de 2012/2013 verifica-se que houve um aumento de 4,2% na produtividade da cana de açúcar o que representa um índice de 69,5 toneladas/ha, resultado aquém dos índices alcançados nas safras de 2008/2009 e 2009/2010, de 81 toneladas/ha e 81,6 toneladas/ha. A área colhida de cana de açúcar apresentou um aumento de 2% em relação à safra anterior totalizando um total de 8,5 milhões de hectares. Com relação ao volume de cana moída em 2012 foi de 594, 3 milhões de toneladas, um crescimento de 5% com relação ao ano anterior. Esta produção é consumida na produção de açúcar, etanol anidro e hidratado e na dieta humana. Na safra de 2010/2011, 46% foram destinados a produção de açúcar, 54% para a produção de etanol, em que 30% foi utilizado na produção de etanol anidro e 70% para a produção de etanol hidratado. (EPE, 2012)

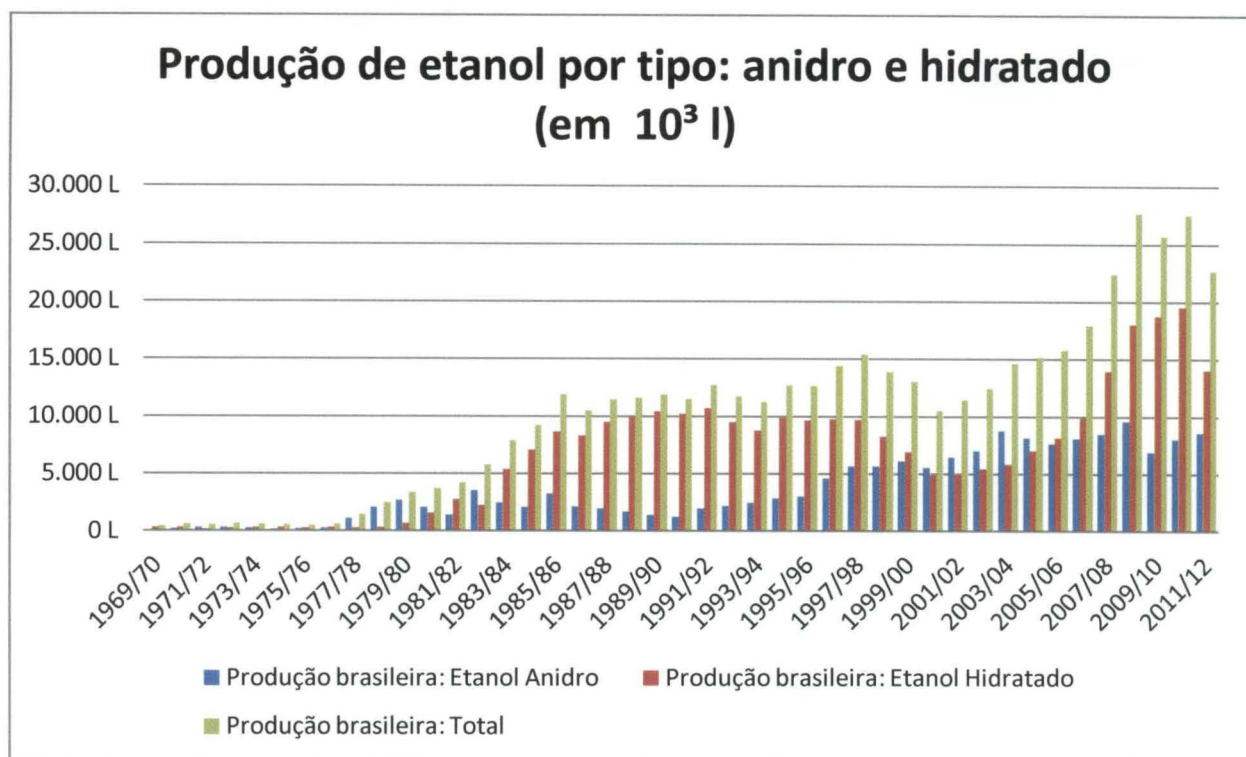


GRÁFICO 1 – PRODUÇÃO DE ETANOL POR TIPO: ANIDRO E HIDRATADO

FONTE: BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2012, p.30)

Com relação à produção de etanol, em 2012, foram produzidos 23,5 bilhões de litros de etanol. Deste total, 9,7 bilhões na forma de álcool anidro é utilizado como mistura na gasolina, e 13,9 bilhões de álcool hidratado é utilizado tanto para abastecimento de veículos como para uso doméstico. No ano de 2012 houve uma redução da porcentagem do etanol misturado à gasolina que passou de 25% a 20%, o que não impediu que a produção crescesse 11,4%. Já a produção de etanol hidratado desde 2010 diminuiu 30,4 % (EPE, 2012).

A capacidade produtiva das usinas em operação é de, aproximadamente, 780 milhões de toneladas de cana de açúcar referente à safra de 2011/2012. Na safra de 2012/2013 foram moídas 590 milhões de toneladas. Em 2008, o país possuía 393 usinas cadastradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Destas 252 eram classificadas como mistas, ou seja, produziam tanto etanol quanto açúcar, 126 usinas dedicadas exclusivamente à produção de etanol e 15 produziam apenas açúcar. Com referência às novas usinas instaladas no país, o ano de 2012 foi o

que apresentou o menor número, apenas uma. Este cenário negativo foi consequência de dois eventos: restrição ao crédito decorrente dos efeitos da crise mundial de 2008 que impactou fortemente o setor, que se encontrava altamente endividado devido a financiamentos tomados para a construção de novas usinas; e mudança das expectativas à respeito do potencial do mercado de curto prazo, já que a exportação do etanol para os Estados Unidos e, principalmente, União Europeia, foi dificultada por algumas barreiras tarifárias e não tarifárias. Para os próximos três anos estão programadas a conclusão de três usinas por ano. Segundo estudo realizado pelo MAPA, estima-se que até o ano de 2017 a capacidade instalada no país conseguirá ofertar 55,5 bilhões de litros de etanol, o que representa um aumento de 165% em relação a capacidade existente em 2007 (EPE, 2012).

Outra estimativa da produção de cana de açúcar e de etanol foi realizada pela União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA) e é apresentada na tabela 1. Estas estimativas levam em consideração o consumo interno e externo do mercado de carburantes (transportes) e o consumo de não carburantes (outros usos).

TABELA 1 – PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR E DE ETANOL REALIZADA POR UNICA

	2006/2007	2010/2011	2015/2016	2020/2021
Produção de cana de açúcar (milhões de ton.)	430	601	829	1.038
Área Cultivada (milhões de ha.)	6,3	8,5	11,4	13,9
Açúcar (milhões de ton.)	30,2	34,6	41,3	45,0
Consumo interno	9,9	10,5	11,4	12,1
Excedente para Exportação	20,3	24,1	29,9	32,9
Álcool (bilhões de litros)	17,9	29,7	46,9	65,3
Consumo interno	14,2	23,2	34,6	49,6
Excedente para Exportação	3,7	6,5	12,3	15,7

FONTE: EPE (2008, p.37)

Nota: Elaborado por UNICA.

A demanda por etanol é formada por dois componentes: o consumo do etanol carburante, destinado exclusivamente para transporte; e o consumo do etanol não carburante, empregado na indústria de bebidas, produtos farmacêuticos e químicos. Segundo dados apresentados no balanço energético, este consumo em 2007 representava apenas 683 milhões de litros. Logo, quase que a totalidade da produção consumida no Brasil é utilizada como combustível para transportes. Portanto, as projeções de demanda para o etanol consideram, principalmente, a velocidade de aumento da frota automotiva do país e o seu perfil. Quando analisada as vendas de carros novos, desde a introdução de carros com motor flex, verificou-se uma tendência de predominância nas vendas destes sobre as vendas de carros movidos à gasolina. Na TABELA 2, apresenta-se o perfil da frota por combustível no ano de 2005 e em 2012. Como ilustrado na tabela, em 2005 o licenciamento de veículos movidos à

gasolina representavam 39,9% da frota total, enquanto o dos veículos *flex*, 78,1%. No ano de 2012, a proporção de licenciamento de carros *flex* subiu para 88,5% enquanto o dos veículos à gasolina caiu drasticamente para 6,7% (EPE, 2012).

TABELA 2 - PERFIL DA FROTA POR COMBUSTÍVEL

Discriminação	2005	2012
Gasolina	39,9 %	6,7%
Álcool	3,1%	0%
Flex	78,1%	88,5%
Total	100,0%	100,0%

FONTE: EPE (2012, p.16)

Nota: Não foram apresentadas as estatísticas dos veículos com motor a diesel.

A decisão do consumo do etanol por proprietários de veículos *flex* é realizada de acordo com o preço relativo entre o etanol e a gasolina, se o preço do etanol está mais atrativo, o consumidor escolherá pelo consumo deste combustível.

Segundo Alencar (2012), o aumento de renda observado no Brasil foi apropriado em grande parte pela classe C, em 2005, ela representava 34% da população, no ano de 2011 já era de 51%. As famílias que se enquadram nela possuem em média, 1,14 carros por domicílio, e 52% dos domicílios da classe C possuem carro. A projeção feita pelo autor é que até 2020 essa proporção cresça para 69%. Este movimento também deve impactar na demanda por etanol.

Um dos fatores mais importantes que podem repercutir positivamente na demanda por etanol no Brasil tem relação com a situação do mercado internacional do biocombustível. Em 2012, o Brasil exportou 3,1 bilhões de litros, dos quais dois bilhões foram apenas para os Estados Unidos. As importações brasileiras no mesmo ano totalizaram 0,6 bilhão de litros, o que resulta em um saldo líquido de 2,5 bilhões de litros, sendo que quase a totalidade deste valor foi comercializada com os Estados Unidos. Esta estreita relação entre ambos os países já é efeito da política de diversificação da matriz energética dos Estados Unidos, intensificada com a introdução do *Renewable Fuel Standart* – programa que enquadra o etanol brasileiro como combustível avançado (EPE, 2012).

Este cenário tende a melhorar ainda mais, pois segundo as metas estabelecidas em 2007, a intenção do governo dos Estados Unidos é aumentar a participação dos

biocombustíveis até o ano de 2022 para 136 bilhões de litros, sendo que deste total, 80 bilhões deveriam provir, obrigatoriamente, de combustíveis avançados. Tal imposição representa uma grande janela de oportunidade para a produção de etanol no Brasil, haja vista a competitividade da indústria nacional. No entanto, muitos desafios precisam ser superados para o estabelecimento de um mercado mundial para comercialização do etanol. Entre os principais estão: a política comercial excessivamente protecionista de diversos países, muito embora os Estados Unidos, recentemente, suspenderam a tarifa de importação de 54 centavos por galão, ou 14 centavos por litro, e o subsídio de 45 centavos por galão oferecido à mistura de etanol à gasolina; e a ausência de um padrão internacional de especificação para o etanol combustível e de infraestrutura logística (FAO, 2013).

Conforme descrito na subseção 2.3, o estímulo governamental foi crucial para desenvolver a cadeia produtiva do etanol no país. A história do biocombustível no país foi marcada por dois eventos: A criação do Proalcool em 1975 e a introdução dos carros movidos com motor *flex* em 2003. Este último estimulou a entrada de diversas empresas multinacionais no país, que aproveitaram o movimento de liberalização do setor para se instalar e aproveitar o aumento expressivo na demanda por etanol hidratado e a alta dos preços do açúcar nos mercados internacionais. No entanto, esse clima de euforia foi fortemente abalado pela crise de 2008 que além de reduzir as expectativas das empresas atuantes no setor, afetou as suas finanças o que alterou a dinâmica dos investimentos planejados. Para piorar o contexto, o preço do barril do petróleo também sofreu forte redução, de US\$ 140 atingiu os US\$40, o que reduziu a competitividade do etanol como substituto da gasolina. O resultado foi uma reestruturação do setor sucroalcooleiro brasileiro que provocou diversas fusões e aquisições no período (MACEDO, 2012).

Atualmente, a região Centro-Sul do país é responsável por cerca de 90% da produção de etanol e açúcar, segundo dados da safra de 2009-2010. No entanto, nos últimos anos está sendo verificado um movimento de expansão para Minas Gerais e estados da região do Centro-Oeste, como o Goiás e o Mato Grosso do Sul, devido a consolidação do setor no estado de São Paulo (MACEDO, 2012).

3.1.2 Biodiesel

No Brasil, o Biodiesel é extraído principalmente das sementes de oleaginosas. Dentre as quais tem sido mais utilizadas para esse propósito podem-se citar com maior destaque, a de soja e da mamona, e o uso da palma (dendê), algodão em menor proporção. O Biodiesel é utilizado principalmente como substituto do diesel de origem fóssil. O desenvolvimento da produção do biodiesel foi objeto do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em dezembro de 2004 (IPEA, 2012).

Atualmente, a proporção da mistura de biodiesel no diesel é de 5%, embora exista a discussão sobre a possibilidade de aumentar para 7%, 10% até 20% de forma gradativa ao longo dos anos. Os mandatos são essenciais, pois a maioria dos tipos de biodiesel ainda não é competitiva com os custos de produção de óleo diesel. Desta forma, além de garantir a produção por requisitos mínimos de mistura, o governo precisa reduzir alíquotas de tributos, como o Cide, IPI, PI/PASEP, Cofins; disponibilizar crédito mais barato para os produtores; e subsidiar o custo mais alto em relação ao custo do óleo diesel. O principal argumento utilizado pelos defensores do aumento da taxa de mistura de biodiesel ao óleo diesel está na capacidade ociosa existente nas usinas produtoras do país, que é da ordem de 50%. Esta medida ainda está em estudo devido à incerteza dos impactos ocasionados por este aumento na demanda pelas matérias-primas utilizadas (IPEA, 2012).

Um problema central no estímulo da produção do biodiesel é que quando ele é comparado com o etanol de cana de açúcar a exigência de terras para sua produção é muito maior. Um hectare cultivado com cana produz, em média, cerca de seis mil litros por ano de etanol, já a mesma área se utilizada para o plantio de mamona, por exemplo, proporcionaria apenas 500 litros de biodiesel ao ano. Deste modo, para substituir 40% da gasolina consumida haveria a necessidade de produção de 13 bilhões de litros de etanol o que demandaria cerca de dois milhões de hectares de cana. Agora, a substituição de 40% do óleo diesel consumido no país demandaria em torno de 16 bilhões de litros de biodiesel, sendo necessário ocupar 32 milhões de hectares com o plantio de mamona (LEITE E LEAL, 2007). Este exemplo serve de ilustração ao desafio

imposto ao planejamento estatal para estimular a produção de biocombustíveis em geral.

O consumo de biodiesel em 2012 foi de 2,72 bilhões de litros, em comparação com o ano anterior, esse total representa um aumento de 6,9%. Este número classifica o país como o terceiro maior produtor de biodiesel do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e da Argentina. Desde a implantação do PNPB a produção de biodiesel foi de 11 bilhões de litros. A semente mais utilizada é a de soja, cuja produção em 2012 foi de 2,06 bilhões de litros, o que representa 75% da produção total de biodiesel no país. O Brasil atualmente é o segundo maior produtor de soja do mundo, tendo produzido na safra 2011/2012 foram produzidos 66,68 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos que produziram 83,17 milhões de toneladas na mesma safra (MME, 2012).

Uma crítica feita à dominância do uso desta oleaginosa é que além dela apresentar um baixo rendimento de óleo, 19% da massa total, o modo como ela cultivada favorece o desenvolvimento de grandes propriedades as custas de pequenos agricultores familiares, os quais, originalmente, eram o foco das ações do Programa Nacional da Produção e Uso de biocombustíveis. Alternativas estão sendo desenvolvidas com o intuito de reduzir os custos de produção, ainda proibitivos em muitos casos, de outras sementes como a mamona, o pinhão manso, girassol e o dendê (IPEA, 2012).

Há outras matérias-primas que oferecem um rendimento bem maior do que a semente de soja. A causa dessa predominância é atribuída ao fato que a oferta desses óleos é condicionada à área plantada, a qual é determinada em parte pelo domínio tecnológico existente para a variedade em questão. Logo, uma matéria-prima de alto rendimento como a mamona, que resulta em três vezes mais óleo que o a semente de soja, representa apenas 8% do total de biodiesel produzido. A área plantada da mamona no Brasil é 20 vezes menor do que a de soja, além de ser concentrada em pequenos produtores e com uma capacidade de escoamento fragmentada. Segundo IFNP (2009, apud IPEA, 2012), o resultado é que para cada litro de óleo de mamona que poderia ser produzido são ofertados 270 litros de óleo de soja a preços quatro

vezes menor. Este foi justamente o problema que tentou ser atacado pelo PNPB com questionável sucesso.

A maior parcela da produção de biodiesel, 40%, provém da região Centro-Oeste, o que é compreensível já que esta região também é a maior produtora de soja do país. A segunda maior contribuição é da região Sul com 26%. A representatividade das demais regiões é expressa na tabela abaixo (IPEA, 2012).

A comercialização do biodiesel no Brasil funciona através de cotas de vendas, o que implica que cada empresa pode vender apenas parte de sua produção através dos leilões feitos pela Agência Nacional de Petróleo e releilões para a distribuição da Petrobras. Na formação de preços para os produtos é embutido o fator de ajuste logístico, calculado pelo Ministério de Minas e Energia Agência Nacional de Petróleo, que leva em consideração os custos de transporte interestadual e inter-regional e tem como objetivo equilibrar os custos de transportes entre os produtores (IPEA,2012).

TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL POR REGIÃO EM 2011

Região	Usinas em operação	Capacidade instalada (milhões de litros/ ano)	Capacidade instalada % do total instalado	Produção em 2011 (milhões litros)	Capacidade Ociosa (1- %efetiva)
Norte	5	205	3%		
Nordeste	6	741	12%		
Sudeste	13	1.144	19%	2.550	57%
Sul	8	1.534	26%		
Centro-Oeste	25	2.395	40%		
Total	57	6.019	100%		

Fonte: (IPEA, 2012, p.8)

A distribuição da capacidade ociosa segue a tendência da distribuição regional atual. O maior produtor, o Centro-Oeste, no ano de 2012, detinha uma capacidade instalada de 2,39 bilhões de litros, o que representava 40% de todo o potencial produtivo brasileiro. As regiões Norte e Nordeste, ocupavam a última e a penúltima posição entre os produtores de biodiesel, com capacidade instalada de,

respectivamente, 205 milhões e 741 milhões de litros. A TABELA 3 evidencia um claro desequilíbrio regional na produção, que tentou ser solucionado pelo governo, mas que ainda representa um desafio na consolidação do setor produtor de biodiesel no Brasil.

3.2 BIOCOMBUSTÍVEIS DE SEGUNDA GERAÇÃO

A importância da produção de biocombustíveis de segunda geração é estratégica para os países, pois se trata de uma alternativa a dependência das matérias-primas que são limitadas espacialmente por restrições nas áreas disponíveis para o plantio. Esta restrição, conforme exposto no capítulo 2 deste trabalho, é muito mais presente no caso do milho nos Estados Unidos do que para a cana de açúcar no Brasil. Ademais, os biocombustíveis de primeira geração sofrem com o problema do descolamento dos preços das matérias-primas dos preços dos biocombustíveis. Como estes geralmente são misturados à gasolina e ao diesel seus preços tendem a acompanhar os preços destes combustíveis. Entretanto, os preços das matérias-primas acompanham os preços de outras commodities agrícolas. Portanto, é possível que ocorra momentos de preços altos de matérias-primas associados a preços baixos dos biocombustíveis, situação que pode impactar negativamente as margens e implicar em perdas financeiras dos produtores (TAO, 2009, p.206).

Assim, o desenvolvimento dos biocombustíveis de segunda geração pode ser uma forma de reduzir as instabilidades inerentes ao processo de produção dos biocombustíveis de primeira geração e aumentar a segurança energética dos países.

Os biocombustíveis de segunda geração são definidos por FAO (2013) como:

São aqueles que utilizam matérias-primas não comestíveis e biomassa lignino-celulósica para obter etanol ou gás biossintético. Geralmente são subprodutos da agricultura, como palhas do milho, caules e bagaço de cana de açúcar, ou da indústria madeireira, como galhos ou desbastes. Também podem servir de matérias-primas para este grupo, alguns tipos de gramíneas perenes e lixo urbano. A característica mais relevante é que a maioria deles não compete com terras de alta qualidade destinadas para a agricultura e terrenos com reduzida disponibilidade de recursos hídricos (FAO, 2013, p.44).

A distribuição da produção mundial de biocombustíveis de segunda geração varia de acordo com que tipo de matéria-prima é mais abundante em cada país e na análise do custo de produção de cada variedade. Nos Estados Unidos, por exemplo, os

processos são centrados principalmente em torno dos resíduos da lavoura de milho. No Brasil tem se focado o desenvolvimento tecnológico do processo que utiliza da fermentação dos açúcares presentes no bagaço e na palha da cana de açúcar, haja vista a grande disponibilidade de resíduos gerados na produção do etanol de primeira geração. No entanto, vários desafios devem ser enfrentados para que esta solução inovadora transmita todo o seu potencial de ganho e torne o país mais produtivo na produção de biocombustível.

3.2.1 Etanol de segunda geração

A principal diferença entre o etanol de primeira geração para o de segunda geração consiste na forma como ele é obtido. Enquanto no primeiro caso o produto é obtido através fermentação do caldo da cana de açúcar, o segundo é proveniente da fermentação dos açúcares presentes em sua matéria. Para tanto, a parede celular precisa ser quebrada para que estes compostos sejam liberados, este processo pode ser feito através de substâncias químicas ou enzimas. Como o potencial comercial é enorme, existe um grande interesse dos governos, empresas e universidades em desenvolver o método mais eficiente da conversão da biomassa em combustíveis líquidos.

Para entender os desafios que devem ser superados para viabilizar a produção do etanol de segunda geração é necessária antes uma apresentação de como ocorre a transformação da biomassa lignocelulósica em etanol, para então entender a proposta dos processos mais utilizados, para então apontar que pontos devem ser melhorados.

A principal característica da biomassa é que ela é naturalmente resistente à quebra e formada essencialmente por três componentes: celulose, hemicelulose e lignina, que juntos representam mais de 90% da matéria seca. No bagaço da cana a proporção em que estão distribuídos é a seguinte: 50% celulose, 20% hemicelulose e 30% lignina. A palha da cana de açúcar tem distribuição semelhante: 40-44% celulose, 30-32% hemicelulose e 22-25% da lignina. Para conseguir transformar a biomassa em combustíveis líquidos como o etanol é necessário alguns passos vitais. Primeiro, a biomassa deve ser quebrada em suas moléculas, os açúcares, que posteriormente

deverão ser fermentados por organismos capazes de transformá-los em etanol. Este processo pode ser realizado de duas maneiras distintas, através de conversão termoquímica ou conversão bioquímica (NETO, 2012).

A conversão termoquímica é realizada principalmente por dois processos, a pirólise, que não apresenta desdobramentos interessantes para o caso do etanol, e, portanto, não será abordada. O outro processo é a gaseificação da biomassa, feita em vasos com altas temperaturas e baixos níveis de oxigênio a fim de evitar que os gases explodam. Esta etapa intermediária produz o gás sintético, uma mistura de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrogênio e metano, que é convertido em combustíveis líquidos através do uso de avançadas conversões catalíticas, por exemplo, a tecnologia Fischer-Tropsch. Este processo foi originalmente desenhado para a obtenção de gasolina e diesel sintéticos, mas pode ser utilizado para transformar a biomassa em combustíveis líquidos. A vantagem é que a gaseificação pode converter toda a biomassa, inclusive a lignina, que resiste à digestão de organismos, mas neste processo é transformada em gás e disponibilizada como combustível utilizado como insumo nas usinas. No entanto, este processo ainda não é viável economicamente e ainda é objeto de pesquisas para redução de seu alto custo (WORLWATCH, 2007, p.64).

A conversão bioquímica é realizada pela hidrólise ácida e pela hidrólise enzimática, estes dois métodos recebem grande atenção pelo seu potencial comercial e, atualmente, são os mais estudados. O processo centrado na hidrólise ácida é utilizado em poucas usinas piloto, pois caso seja feita a diluição ácida da biomassa em alta pressão as moléculas de hemicelulose são deterioradas excessivamente o que tem efeito negativo na fermentação e resulta em rendimentos menores, caso seja realizada em baixa pressão há necessidade de aumentar a quantidade de ácido utilizada o que encarece o processo (WORLDWATCH, 2007, p.64).

A aposta da maioria dos pesquisadores reside nos processos centrados na hidrólise enzimática embora estes ainda precisem ser melhorados. As leveduras conseguem realizar apenas a digestão das moléculas com seis carbonos, no entanto, a hidrólise da hemicelulose também gera moléculas com cinco carbonos, as pentoses, as quais representam um terço do total gerado. O não aproveitamento destas moléculas

provoca perdas significativas de rendimento do processo. Segundo Neto (2012) a hidrólise e a fermentação podem ser feitas separadamente ou de forma simultânea, esta escolha tem grande impacto no rendimento final do processo. Até o início do século, a prioridade era dada para a separação das etapas, mas recentemente os novos métodos propostos contemplam a integração da hidrólise e a fermentação. De acordo com Goldemberg (2009), a consolidação destas etapas em apenas uma é fundamental para o alcance de melhorias significativas no uso de energia, e, conseqüentemente, no custo total do processo (WORLDWATCH, 2007, p, 67).

O grande desafio é tornar o seu custo de produção competitivo relativamente aos demais combustíveis. No caso dos biocombustíveis de primeira geração grande parte do custo depende do preço de aquisição da matéria-prima, já no caso do de segunda geração a parte mais relevante do custo reside na fase de processamento e no custo de coleta dos resíduos.

Carriquiry, Du e Timilsina (2011, apud FAO, 2013) estimaram os custos das duas gerações e compararam com combustíveis fósseis de acordo com o custo por energia gerada (GJ). Segundo estes autores, em 2009, os biocombustíveis de segunda geração custavam cerca de cinco vezes mais do que o diesel e a gasolina. Entre todos os combustíveis, o etanol de cana de açúcar é o mais barato, com seu custo variando entre US\$5 e US\$9/GJ. O etanol produzido a partir do milho apresentou custo entre US\$9 e US\$20/GJ. No entanto, os autores enfatizam que recentemente este se tornou um pouco mais competitivo em relação ao primeiro, devido a preços altos do açúcar e aumento da demanda pelo etanol brasileiro. A variação do custo de produção da gasolina e do diesel são, respectivamente, US\$18 a US\$ 21/GJ e US\$16 a US\$ 22/GJ. O Custo de produção do etanol celulósico ficou num intervalo de grande variação de US\$19 a US\$ 62/GJ, o que pode ser explicado, em parte, pela escassez de dados confiáveis de plantas-piloto. No cálculo os autores não consideraram rendimentos com subprodutos resultantes do processo de produção, o que poderia reduzir o custo de produção de alguns deles (FAO, 2013). Os Resultados são apresentados no gráfico 3:

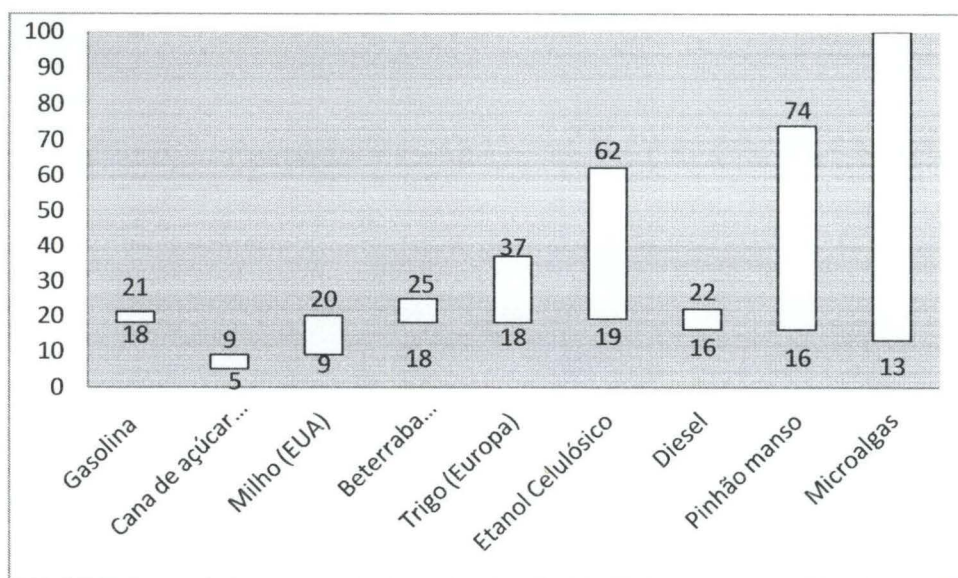


GRÁFICO 3 – COMPARATIVO CUSTOS DE PRODUÇÃO BIOCOMBUSTÍVEIS COM COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (US\$/GJ)

FONTE:(FAO, 2013,p.47)

Além da escassez de dados confiáveis, também é verificada certa dificuldade na estimativa dos custos de produção dos biocombustíveis de segunda geração, pois os custos tendem a ser subestimados. Como eles ainda não são produzidos em escala comercial, os volumes operados nestas usinas são bem inferiores aos que seriam produzidos caso as operações fossem realizadas com volumes mais realistas (FAO, 2013).

Os custos de produção do etanol celulósico também podem ser avaliados em comparação com os demais biocombustíveis adotando outra medida de valor, o custo por litro equivalente de gasolina. Com esta nova forma de medida, os custos de produção do etanol de segunda geração variam entre US\$ 0,60 a US\$ 1,30 na literatura. Entre os custos variáveis estão os preços da matéria-prima, gasto energético, químico e enzimático. Entre os custos fixos, incluem-se manutenção e seguro. Segundo Aden *et al.* (2001, apud FAO, 2013) os custos das enzimas eram os que exerciam maior peso na formação do custo total, mas com o foco na superação desta barreira dado pelos pesquisadores, esse componente tem apresentado cada vez menor impacto e gradualmente sendo substituído pelo custo da fase de pré-tratamento de acordo com Mabee *et al.* (2006, apud FAO, 2013). Este autor também evidencia a importância dos

co-produtos gerados no processo na viabilização econômica da produção, entre eles, o de maior interesse é a lignina que pode ser utilizada para geração de calor e eletricidade na usina (IEA, 2008).

Em IEA (2008) foram realizadas projeções para estes custos baseadas na difusão dos biocombustíveis de segunda geração até o ano de 2050. A redução destes valores vai depender dos preços das matérias-primas, das economias de escala obtidas com plantas maiores, da integração de novas tecnologias e dos benefícios alcançados com a experiência e aprendizado. As previsões expostas na tabela 4 apontam que para o ano de 2020 o custo de produção de segunda geração, medido em dólares por litro de equivalente de gasolina, pode chegar a ficar no intervalo entre US 0,65 e US\$ 0,75. As projeções são consideradas ambiciosas para o caso da redução de 50% das emissões de gás carbônico até aquele ano. Para o ano de 2050, os idealizadores do relatório consideraram um cenário extremamente otimista de aceleração da difusão dos biocombustíveis de segunda geração, no qual estes tipos de combustíveis representariam 26% do total de combustíveis utilizados para transporte (IEA, 2008).

TABELA 4 – PROJEÇÕES DE CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA O ANO DE 2050

Etanol celulósico	Cenários	2010	2030	2050
		(US\$/leg)	(US\$/leg)	(US\$/leg)
	Otimista	0,80	0,55	0,55
	Pessimista	0,90	0,65	0,60

FONTE: IEA (2008, p.66)

Nota: leg: litros equivalente de gasolina

CGEE (2009) realizou um levantamento rigoroso sobre os desafios na produção de etanol de cana de açúcar de primeira e segunda geração. Segundo este estudo, o potencial de produção de etanol através de cana de açúcar varia entre 69,1 litros e 149,3 litros de etanol por tonelada de bagaço de cana, dependendo do estágio de desenvolvimento da tecnologia de produção. O cenário mais pessimista considera o cenário atual, com pré-tratamento e hidrólise ácida diluída com aproveitamento apenas das hexoses, em contrapartida a projeção mais otimista com o avanço tecnológico no país, considera o pré-tratamento e a hidrólise enzimática com aproveitamento das hexoses e das pentoses disponíveis para fermentação. CGEE (2009) também considerou um modelo em que a hidrólise enzimática seria integrada a destilaria padrão com capacidade de processamento de dois milhões de toneladas por safra, ou seja,

operação em 167 dias ao ano e usando excedentes da matéria-prima. Além disso, considera o fim da realização de queimadas e a mecanização do corte e da colheita. As estimativas são apresentadas na tabela 5 e consideram projeções para o ano de 2015 e 2025. Segundo as projeções, dentro de 10 anos, os custos de produção poderiam ser reduzidos de R\$1,53/l para R\$ 0,72/l ao final do ano de 2025. Ademais, a produção de etanol celulósico passaria de 12,2% em 2015 para 25,6% em 2025 (CGEE, 2009).

TABELA 5 – PROJEÇÃO PRODUÇÃO DE ETANOL

Ano	Produção de etanol (Mt)	Participação da produção de etanol por hidrólise	Excedente Eletricidade (GW.h)	Custo de produção do bioetanol pela hidrólise (R\$/l)	Investimento na planta de hidrólise anexa (R\$ milhão)
2015	207,2	12,17%	98,68	1,53	124,0
2025	248,5	25,57%	109,42	0,72	133,0

FONTE: CGEE (2009,p.93)

Ainda que a representatividade da produção de etanol de segunda geração no curto prazo seja pequena, sua viabilização é fundamental, pois se trata de uma alternativa de grande interesse, pois uma de suas principais características é produzir sem a necessidade de avançar sobre novas terras. Mesmo tendo conhecimento que a produção de etanol no Brasil ainda não esteja restrita pela escassez deste recurso, visto que o país ainda possui terras agricultáveis disponíveis para o crescimento do plantio da cana de açúcar, a possibilidade de aumentar o rendimento do etanol por hectare é algo que o país deve almejar, o desenvolvimento do etanol de segunda geração tem o potencial de dobrar a produtividade atual em litros de álcool por hectare.

A cultura da cana de açúcar ocupa lugar privilegiado entre as demais culturas quando avaliada a capacidade de geração de biomassa por hectare. O cultivo da cana de açúcar gera 74,3 toneladas por hectare, rendimento muito superior ao que é produzido em outras culturas. O Arroz, a soja e o milho geram, respectivamente, 3,6 ton./ha, 3,4 ton./ha e 2,3 ton/ha (MENDONÇA *et al.*, 2008).

Deste modo, o potencial de produção de etanol a partir do bagaço e da palha da cana deve ser explorado na sua plenitude, e isso deve incluir a produção de etanol de segunda geração. Segundo Macedo (2007), em 2006, foram produzidos 120 milhões de biomassa derivada da cana de açúcar. Feita a suposição de que 30% do bagaço produzido seja utilizado no processo, e 50% da palha da cana possa ser destinada a

produção de etanol, isso implica em um total de 48 milhões de toneladas de material ligninocelulósico (de matéria seca) disponíveis para serem utilizados como matéria-prima.

Segundo o plano decenal de expansão da energia constituído em 2011, a presença de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira deve aumentar de 44,8%, em 2010, para 46,3% em 2020. No mesmo documento, afirma-se que, segundo o planejamento energético de médio prazo do país, a intenção é reduzir a participação da hidroeletricidade nesta década, assim como da lenha e do carvão, o que abre espaço para que o etanol ocupe esta lacuna (EPE, 2011, p.1)

Este potencial tem atraído o interesse principalmente de empresas privadas para aproveitar-se das potencialidades do mercado. O Primeiro projeto em escala comercial será implantado no estado de Alagoas através de uma parceria entre as empresas GraalBio e a Usina Caité. A usina tem capacidade de produção de 80 milhões de litros de etanol de segunda geração. A empresa ETH Bioenergia, do grupo Odebrecht, também planeja iniciar a operação de uma usina entre os anos de 2014 e 2015. A Raiden, empresa fabricante de óleos e fluídos biodegradáveis, deverá operar uma planta com capacidade de 400 milhões de litros por ano no estado de São Paulo (UNICA, 2013).

3.3 O DESENVOLVIMENTO DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO NO BRASIL ATRAVÉS DE REDES DE INOVAÇÃO

Do que foi apresentado até o momento percebe-se a importância estratégica em oferecer as condições necessárias para que se consiga viabilizar a produção de etanol de segunda geração. As iniciativas no desenvolvimento da conversão são lideradas principalmente pelos Estados Unidos e pela União Europeia. Os Estados Unidos, por exemplo, apoiam o desenvolvimento das celulases, além de estimular também pesquisas com microorganismos aptos a realizar a conversão das pentoses (WORLDWATCH, 2007). Neste sentido, é vital o papel do governo brasileiro em apoiar através de diversos instrumentos o fomento do etanol de segunda geração, apoio que

foi tão fundamental na construção do mercado de etanol de primeira geração e lançou o país na vanguarda tecnológica do setor.

João, Porto e Galina (2011) fazem um levantamento para verificar a situação do Brasil como produtor de conhecimento e tecnologia relacionados ao etanol celulósico no período entre 1981-2010. Os autores verificaram que a produção científica é muito baixa, representando 4,22% dos trabalhos publicados com o tema etanol celulósico, o que representou apenas 17 artigos. A título de comparação, os Estados Unidos ocupavam a liderança com grande folga do segundo colocado, com a publicação de 69 artigos no mesmo período e representando 17,12% do total das publicações.

A produção tecnológica brasileira acompanhando a produção científica também é baixa. Quando utilizado o número de pedidos de patentes relacionadas com o etanol celulósico como indicador de desempenho da produção tecnológica, percebe-se que o país, entre o período de 1981 a 2010, só registrou seis pedidos, o que representa somente 6,3% do total. É muito pouco quando comparado com o líder, os Estados Unidos, que no mesmo período, foram responsáveis por 33,7% das solicitações, representando um total de 32 pedidos (JOÃO; PORTO; GALINA, 2011).

João, Porto e Galina (2011) avaliam a dinâmica do setor sucroalcooleiro brasileiro sob a ótica das redes de inovação. Segundo os autores, redes de inovação podem ser definidas como:

Uma estrutura formada por agentes com diferentes habilidades e conhecimentos, sendo que o trabalho em redes traz benefícios aos seus integrantes, com base na lógica da cooperação para desenvolvimento tecnológico (JOÃO, PORTO, GALINA, 2011, p.111).

A primeira rede analisada é a FAPESP/BIOEN. O programa Bioenergia, criado em 2008, pela fundação de Amparo à pesquisa de São Paulo tem como objetivo fomentar e articular a pesquisa e desenvolvimento relacionados à produção de etanol. Para este fim, oferece a infraestrutura de laboratórios de universidades e institutos de pesquisa, bem como de indústrias. A estrutura está organizada de modo a separar os esforços em grupos de estudo, ao todo são cinco divisões que focam seus trabalhos em todas as etapas da cadeia produtiva do etanol, desde a genética da cana de açúcar utilizada até avaliação dos impactos socioeconômicos do setor. A rede é formada por

três empresas, seis universidades, quatro institutos, um centro de pesquisa, uma agência e uma associação de tecnologia, todos os participantes situados no estado de São Paulo. As duas empresas privadas, a Dedini S/A indústria de Base e a Oxiten S/A – Indústria e Comércio – realizam estudos com o etanol celulósico.

A Dedini S/A desenvolve trabalhos com foco em aperfeiçoar seu processo de Hidrólise Rápida (DHR), o valor do convênio da empresa com a Fapesp é de R\$ 100 milhões de reais e a extensão do contrato é de cinco anos. A Oxiten tem um convênio com a Fapesp de R\$ 6 milhões, também de cinco anos, sendo que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também é participante deste convênio, e presta auxílio cobrindo um quarto do valor do convênio.

Os resultados do Bioen apurados até 2010 apontavam financiamento de 47 projetos, concluídos ou em conclusão, com 41 destes sobre o etanol de segunda geração.

A segunda rede analisada é a criada pelo Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Esta instituição, criada em 2010, é um laboratório nacional possui vínculo com o Ministério da Ciência e Tecnologia. Seu objetivo é viabilizar a substituição de 10% do consumo de gasolina no mundo até 2025. Assim como na primeira rede estudada, os trabalhos são organizados em grupos e vão desde estudos da conversão da energia solar em biomassa até a pesquisa de motores movidos a etanol. Todos os estudos são direcionados para a utilização em usinas integradas. As pesquisas são desenvolvidas dentro do Laboratório, nas instalações das empresas conveniadas ou em usinas piloto construídas em conjunto com as empresas. O laboratório possui convênio com as seguintes instituições: Embrapa, Unicamp, Lund University – Suécia, Laboratório Nacional de Energia Renovável dos Estados Unidos, Imperial College London, Universidade de Caxias do Sul, Rhodia, Novozymes, Petra Agroindustrial SA etc. Como a rede ainda estava sendo formada durante o estudo os autores não conseguiram avaliar seus resultados. No site do CTBE, a instituição informa que no ano de 2012 foram publicados 42 artigos.

Os resultados destas duas redes de inovação são listados a seguir. Para João, Porto e Galina (2011) tanto a rede do Bioen quanto o CTBE são interessantes do ponto de vista de estímulo a inovação, mas carregam diferenças sutis. O modelo adotado pelo

CTBE é mais interessante na aquisição de infraestrutura, já que houve efetivamente construção de infraestrutura nova no caso da construção da planta piloto, os autores reforçam a importância desta contribuição, já que permitiu a continuidade das pesquisas em etapa mais avançada, testando os resultados em escala industrial. Em termos de promoção da criatividade, ampliação da capacidade de invenção e aceleração do processo de invenção, ambos são bem-sucedidos. O Bien, através do relacionamento entre os grupos de pesquisa sobre biocombustíveis; o CTBE, através do compartilhamento da planta-piloto. Os autores indicam que as duas redes promovem o aprendizado intensivo, a produção de conhecimento e aplicação deste em inovações (JOÃO; PORTO; GALINA, 2011).

Embora apresentando duas redes de inovação que efetivamente contribuem positivamente, a conclusão dos autores é de que houve um atraso brasileiro no desenvolvimento tecnológico do etanol de segunda geração, visto que a primeira medida em âmbito nacional só se verificou em 2010 através da criação do CTBE. Desta forma, enquanto os esforços não forem entendidos como de importância estratégica nacional e não apenas regional e setorial, o país não irá conseguir alcançar todo seu potencial e assumir uma posição de liderança neste processo (JOÃO; PORTO; GALINA, 2011).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão da Energia realizado pela EPE, entre 2010 e 2020 estão projetados investimentos totais em biocombustíveis da ordem de R\$ 97 bilhões. Deste total, 90 bilhões na construção e ampliação e usinas de produção, sete bilhões na infraestrutura dutoviária e portuária e 200 milhões na construção de usinas de biodiesel (EPE, 2011).

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo foi feita uma apresentação sobre a produção de biocombustíveis no Brasil. Conforme já havia sido citado no capítulo 2, a escolha pela produção de etanol foi natural para o Brasil, pois, além de ser o maior produtor mundial de cana de açúcar, o país era extremamente dependente de combustíveis fósseis até o final da década de 1970, e, precisava diversificar sua matriz energética. A ação

governamental foi decisiva para desenvolver e consolidar a produção de etanol, que por muito tempo foi líder mundial na produção do biocombustível, liderança que foi recentemente retomada pelos Estados Unidos. O PROÁCOOL e a introdução dos carros *flex* foram os dois principais eventos que expandiram a produção de etanol no Brasil.

Além do desenvolvimento do etanol, o país também estimulou a produção de biodiesel através do Programa Nacional da Produção e Uso do Biodiesel em 2004. Embora o biodiesel possa ser produzido a partir de uma série de matérias-primas, a produção deste biocombustível foi dominada pela utilização da semente de soja. A atuação do governo também é importante neste setor, pois o custo de produção da maioria das matérias-primas que podem ser utilizadas na produção de biodiesel é maior do que o do óleo diesel o que dificulta o estímulo da produção do biodiesel no país, e é ainda um desafio muito grande.

Apesar de o Brasil ter a possibilidade de desenvolver as duas alternativas, o etanol e o biodiesel, com o objetivo de atender as projeções de aumento da demanda interna e externa por energia, uma opção extremamente promissora reside em desenvolver os biocombustíveis de segunda geração.

O desenvolvimento dos biocombustíveis de segunda geração, em particular, o etanol de segunda geração, apresenta um enorme potencial de expansão no fornecimento de energia, já que esta tecnologia consiste na obtenção de etanol a partir de matéria ligninocelulósica, também chamada de biomassa, encontrada nos resíduos da produção da cana de açúcar e do etanol de primeira geração. As principais vantagens do etanol de segunda geração são: a possibilidade de elevar consideravelmente a produção do etanol sem precisar avançar sobre novas terras, e não utilizar matérias-primas que também servem para a alimentação. Deste modo, a produtividade do etanol por área ou tonelada de cana aumentaria sobremaneira. No entanto, os custos de produção do etanol de segunda geração, em muitos casos ainda são proibitivos, e as usinas aptas a produzir etanol de segunda geração ainda funcionam como usinas-piloto.

Muitos países já estão adequando suas legislações de modo a estimular o consumo dos combustíveis de segunda geração, e o Brasil ocupa uma posição

incômoda neste cenário, pois o etanol de primeira geração é considerado um combustível avançado, e, por isso, continuará a ser demandado por países desenvolvidos. Essa vantagem pode atuar contra os interesses do país, se a aceitação mundial do etanol de primeira geração servir de pretexto para não haver uma ênfase no desenvolvimento tecnológico do etanol de segunda geração. Esta evidência parece ser comprovada pela pesquisa citada no final deste capítulo que demonstra a má colocação do país em rankings de pesquisa científica e pedidos de patentes relacionados ao etanol celulósico.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento da produção do etanol de segunda geração no Brasil é uma saída à dependência de biocombustíveis que utilizam como matérias-primas produtos utilizados na alimentação humana e animal. Além disso, é uma alternativa que deve ser considerada na tarefa de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e garantir a segurança energética do país.

No caso do Brasil, o fomento a produção de etanol à partir da cana de açúcar foi uma escolha correta, pois entre os tipos de matérias-primas, esta é uma das menos nocivas. Além disso, características particulares da agricultura brasileira e da dinâmica do uso da terra no país colaboraram para mitigar os efeitos negativos da concorrência por recursos, particularmente, por terra, que geralmente ocorre à medida que uma determinada lavoura tem sua produção estimulada. O processo de intensificação da pecuária também foi decisivo para reduzir os impactos causados pela produção de cana de açúcar, já que o aumento da produtividade na criação de gado a pasto liberou áreas de pastagens para que o avanço do plantio da cana de açúcar ocorresse sem a necessidade de desmatar grande número de terras de vegetação nativa.

A ação governamental foi decisiva para estimular o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro brasileiro. A preocupação em fornecer meios para o crescimento dos produtores quanto para formar a demanda de etanol, através da introdução do biocombustível como combustível de transporte mais viável, foi fundamental para a consolidação do setor. O apoio do governo também foi crucial no incentivo ao avanço tecnológico de todas as etapas da cadeia produtiva de etanol, desde a criação de novas variedades de cana de açúcar até o desenvolvimento de motores de automotores adaptados à utilização do etanol. Todas estas medidas, em conjunto, explicam o sucesso da difusão do etanol na produção global de energia.

O recente interesse pelo desenvolvimento do etanol de segunda geração é uma alternativa que deve ser explorada pelo Brasil como forma de aliviar o uso de terras na produção de biocombustível, muito embora foi demonstrado que o país não sofre desta restrição; e como forma de aumentar a produção de etanol verticalmente, ou seja, aumentar a produtividade do etanol no país por unidade de área. Há projeções que

afirmam que existe potencial para se dobrar a produção por hectare. No entanto, a obtenção de etanol à partir do bagaço e da palha da cana ainda apresenta custos de produção proibitivos em muitos casos, que inviabilizam a produção do etanol de segunda geração em escala comercial.

O sucesso comercial do etanol de primeira geração e sua projeção de demanda do mercado externo otimista, visto que somente a sinalização dos Estados Unidos de consumo futuro de combustíveis avançados da ordem de 80 bilhões de litros até 2022, não podem criar um desincentivo ao domínio tecnológico da tecnologia de conversão da biomassa celulósica em etanol. Quando analisada a produção científica e o pedido de patentes relacionados ao etanol de segunda geração, percebe-se que o Brasil apresentou um desempenho aquém do esperado entre o período de 1981 e 2010. A produção científica do país representou somente 4,22% do total produzido sobre o tema. O pedido de patentes também apresentou resultados semelhantes, representando apenas 6,3% do total dos pedidos.

Os resultados pouco expressivos da produção científica e tecnológica relacionadas com o etanol de segunda geração são reflexos da formação tardia de redes de inovação. As duas principais redes de inovação formadas no país, o programa de Bioenergia e o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol, foram criadas apenas a partir de 2008.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, K. **Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana de açúcar no Brasil**. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola de Economia de São Paulo da FGV. São Paulo, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário Estatístico da Agroenergia 2012**. Brasília – DF, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**. Brasília – DF, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Perspectivas para o etanol no Brasil**. Rio de Janeiro, 2008.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de conjuntura dos Biocombustíveis: Ano de 2012**. Brasília – DF, 2013.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **Biofuels and Food Security**. High level panel of experts. Junho, 2013.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **The state of food insecurity in the World**. How does international price volatility affect domestic economies and food security? Rome, 2011.

FORD, C. F; SENAUER, B. **How biofuels could starve the poor**. Foreign Affairs. May/June 2007.

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e Energia** Química Nova, vol.32, nº3, São Paulo, 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **From first to second generation biofuel technologies**. An overview of current industry and RD&D activities, França, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Biodiesel no Brasil: Desafios das políticas Públicas para a dinamização da produção** Comunicado nº 137, Brasília – DF, 2012.

JOÃO, I.S; PORTO, G.S; GALINA, S.V.R. **A posição do Brasil na corrida pelo etanol celulósico: mensuração por indicadores C&T e programas de P&D**. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, 2011.

LEITE, R. G. C de C; LEAL, M.R.L.V. **O Biocombustível no Brasil**. Novos estudos, São Paulo, 2007.

MACEDO, I.C. Ocupação do solo: novas áreas de produção e biodiversidade. In: _____ **A energia da cana de açúcar**. São Paulo, Berlendis, p.122-126, 2007.

MACEDO, I.C. **Situação atual e perspectivas do etanol**. Estudos avançados, São Paulo, 2007.

MENDONÇA, M.A.A. de et al. **Expansão da produção de álcool combustível no Brasil**: Uma análise baseada nas curvas de aprendizagem. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio de Janeiro, 2008.

NASSAR, A; MOREIRA, M. **Evidences on Sugarcane Expansion na Agricultural Land use Changes in Brazil**. Intitute for International Trade Negotiations, 2013.

NETO, O.G. **Pesquisa orientada a resultado**: Proposta de um método estruturado para disponibilizar uma nova tecnologia para o mercado – um caso aplicado ao projeto etanol de 2ª geração. São Paulo, 2012.

NYKO, D. *et al.* **A Evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?** Bioenergia – BNDES Setorial 37, 2007.

PELKMANS, L; GOVAERTS, L; KESSELS, K. **Inventory of biofuel policy measures and their impact on the market**. Vito –Flemish Institute for Technological Research. Bélgica, 2008.

SIMAS, J.P. **Biocombustíveis e produção de alimentos**: Uma análise das controvérsias científicas e sociais. São Paulo, 2010.

TAO, L; ADEN, A. **The economics of current and future biofuels**. The society for in vitro Biology. USA, 2009.

UNICA. **Segunda geração**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/unica-na-midia/2981091792034872045/segunda-geracao/>>. Acesso em: 04/12/2013.

WEINGRIL, NINA. **Quais as diferenças entre o etanol de cana de açúcar e o de milho?** Disponível em: <<http://super.abril.com.br/alimentacao/quais-diferencas-alcool-cana-milho-446893.shtml>>. Acesso em: 20/11/2013.

WISE, T.A. **The cost to Mexico of U.S Corn Ethanol Expansion**. Global Development an Environment Institute. Tufts University, 2012.

WORLDWATCH INSTITUTE, **Biofuels for transport**: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture. Londres, 2007.