

# BIOCOMBUSTÍVEIS: QUATRO QUESTÕES SOBRE SEU FUTURO<sup>1</sup>

Yony Sampaio<sup>\*</sup>

Tales Vital<sup>\*\*</sup>

Gustavo Ramos Sampaio<sup>\*\*\*</sup>

**Resumo:** Quatro questões são colocadas em relação aos biocombustíveis: qual sua participação e potencialidade no balanço energético, no mundo e no Brasil; qual o papel dos biocombustíveis na redução dos gases de efeito estufa, destacando-se diferenças entre o álcool de milho e o de cana-de-açúcar e outras fontes; qual de fato o conflito entre produção de energia e produção de alimentos; quais os potenciais impactos ambientais da expansão da produção de biocombustíveis. Foi procedida extensa revisão bibliográfica. Pode-se concluir que a participação no balanço energético é limitada e assim deve continuar – com exceção do Brasil. Biocombustíveis hoje não são alternativa para o petróleo. Dentre as alternativas hoje viáveis, o álcool de cana é a que apresenta melhor contribuição líquida para a redução dos efeitos estufa, embora existam grandes expectativas em relação aos biocombustíveis de segunda geração. A maioria dos modelos de simulação mostram efeitos exagerados sobre a produção de alimentos, ao não assumir ganhos de produtividade nem o uso de áreas sub-utilizadas. No caso particular do Brasil, a expansão dos biocombustíveis pode ocorrer sem maiores conflitos com a produção de alimentos. Por fim, impactos ambientais decorrem da expansão em áreas de vegetação nativa, principalmente florestas. Não é o caso do Brasil.

Palavras chave: Biocombustíveis. Gás estufa. Impactos ambientais.

JEL: Q 10; Q 40; Q 42.

---

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido pelos autores no âmbito de acordo CAPES-COFECUB entre a UFPE, a UFRPE e a Universidade Pierre Mendes France – Grenoble.

<sup>\*</sup> Prof. Titular, Dept. de Economia, UFPE, Pesquisador do CNPQ, e-mail: [sampyony@yahoo.com.br](mailto:sampyony@yahoo.com.br)

<sup>\*\*</sup> Prof. Adjunto do PADR, UFRPE e Titular da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, e-mail: [talesv@hotmail.com](mailto:talesv@hotmail.com)

<sup>\*\*\*</sup> Departamento de Economia Agrícola, Universidade de Illinois, Urbana-Champaign, e-mail: [gsampaio@illinois.edu](mailto:gsampaio@illinois.edu).

**Abstract:** Four questions have been raised in relation to biofuels: what is its participation in the energy balance in the world and Brazil? What is its contribution to reduce greenhouse gas emissions and how ethanol from corn and sugarcane compare to each other and other biofuels? What is the real conflict between energy and food production? What is and potentially can be the global environmental impacts of biofuel expansion? An extensive literature review point some conclusions. Biofuel participation in the energy balance is and will rather limited, with the exception of Brazil. In fact, biofuels as of today are no alternative to fossil fuels. Among the viable alternatives sugarcane-based ethanol has the potential for a larger emission reduction, although expectations are high of making economical the so-called second biofuel generation. Models linking energy to agricultural markets over emphasized the conflicts including its responsibility to recent wholesale and retail food prices increases. In the particular case of Brazil no major conflicts are apparent. Finally, environmental impacts result of biofuel expansion on forests. It is not the case of Brazil.

**Key words:** biofuels. Greenhouse emissions. Environmental impacts.

**JEL:** Q 10; Q 40; Q 42.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de biocombustíveis vem sendo estimulado com vários propósitos, entre os quais destacam-se: a redução de emissões de gases de efeito estufa (ou o aumento da energia limpa na matriz energética) e a substituição do petróleo, devido tanto aos elevados preços do barril no mercado mundial como à busca de diminuição da dependência de fontes com dotação fixa. No mundo, a primeira razão é predominante. No Brasil, a segunda tem tido apelo considerável, dado o sucesso do Proálcool, entre 1975 e 1985, ao induzir a produção de carros abastecidos exclusivamente a álcool, e dos carros *flex* neste início de século. Por outro lado, a crescente produção de etanol, principalmente nos Estados Unidos e no Brasil, e de biodiesel, principalmente na Europa, tem ensejado críticas crescentes.

Entre outras razões destaca-se a real contribuição para o balanço energético dos biocombustíveis, os possíveis danos ambientais decorrentes da expansão sobre áreas de vegetação nativa e florestas e os potenciais conflitos com a produção de alimentos, assegurando segurança ambiental em detrimento da segurança alimentar.

Uma avaliação equilibrada da situação atual e das perspectivas dos biocombustíveis requer análise de alguns dos pontos destacados acima. A análise é feita de duas perspectivas: com uma visão mais ampla, do mercado mundial, e uma mais restrita, da economia brasileira. A importância do Brasil no mundo, na produção de biocombustíveis, é tão destacada que é impossível desconsiderar a visão do Brasil em relação ao mercado mundial. Mas, por outro lado, o Brasil vem marchando isolado nas últimas três décadas por estabelecer metas e estratégias próprias voltadas mais fortemente para o mercado interno. É justificado, assim, entender que os objetivos do mercado mundial e do Brasil nem sempre coincidam, estimulando políticas distintas. Adicionalmente, o fato do Brasil possuir uma ampla fronteira interna para expansão da área com biocombustíveis, sem necessidade de avançar em áreas de florestas, e ser ao mesmo tempo um grande produtor mundial de alimentos, pode modificar a elasticidade de substituição de alimentos por energia em relação à observada em outros países.

O trabalho tem cinco seções. Na primeira, analisa-se a presença da chamada energia limpa no balanço energético, no mundo e no Brasil, e a participação da energia de transporte. Na segunda, discute-se brevemente o papel dos biocombustíveis na redução dos gases de efeito estufa, destacando-se as grandes diferenças entre tipos de biocombustíveis. Na terceira, é procedida revisão de trabalhos recentes que têm analisado o conflito produção de energia versus produção de alimentos e simulado alterações de preços de alimentos. Na quarta, trata-se dos potenciais impactos ambientais da expansão da área com

produção de biocombustíveis. A última seção resume as conclusões.

## **2 A ENERGIA LIMPA NO BALANÇO ENERGÉTICO**

Qual a importância na dita energia limpa<sup>2</sup> no balanço energético mundial? Como tem evoluído a participação da energia limpa e da energia renovável? A literatura que trata dos biocombustíveis tem passado ao largo dessas questões. Mas estudos da área de energia detalham bem as mudanças ou as não mudanças ocorridas a partir da década de setenta, quando ocorrem os dois choques de elevação do preço do petróleo.

Analisando a matriz energética mundial (Tabela 1) nota-se que as chamadas energias renováveis e as alternativas (incluídas em outras), apesar de todo apelo e das frequentes chamadas nos noticiários, têm expressão muito pequena no balanço energético: cerca de 10% no mundo e menos de 5% nos países da OCDE. O peso das renováveis, ainda assim, deve-se ao uso de lenha e carvão vegetal em países em desenvolvimento; a FAO estima que os biocombustíveis líquidos representem cerca de 1,9% do total da bioenergia (FAO, 2008). As energias solar e eólica, são responsáveis pela geração de menos de 0,6% da energia mundial e menos de 1% nos países da OCDE. A energia limpa inclui, junto das alternativas, a hidroelétrica e a nuclear. Com esta inclusão nota-se que a única fonte de energia a expandir sua participação de forma expressiva na matriz energética é a nuclear. Ao lado da queda de participação do petróleo, essas são as mudanças mais notáveis. Com menor importância anota-se a maior participação do gás.

---

<sup>2</sup> Energia limpa é definida como a que não gera substâncias poluentes. As principais são: solar, eólica, geotérmica, hidráulica e nuclear, embora a última gere lixo atômico. Com exceção da nuclear, as outras são limpas e renováveis.

Tabela 1 – Matriz energética total em (%) e (Mtoe) – mundo e OECD (1973 e 2006)

Fonte	Mundo		OECD	
	1973	2006	1973	2006
Carvão	24,5	26,0	22,5	20,8
Petróleo	46,1	34,4	52,8	39,3
Gás	16,0	20,5	18,8	22,6
Nuclear	0,9	6,2	1,3	10,6
Hidro	1,8	2,2	2,1	1,9
Combustível renovável	10,6	10,1	2,3	3,9
Outras*	0,1	0,6	0,2	0,9
Total (Mtoe)	6.115	11.741	3.747	5.590

Fonte: IEA 2008.

Nota (\*):\*geotermal, solar, eólica, calor, etc.

Detalhando a expansão da energia nuclear, nota-se que há uma divisão muito clara entre países desenvolvidos, que usam e expandem o uso da energia nuclear, e países em desenvolvimento, que não usam energia nuclear (os países da OCDE respondem por 81% do consumo mundial) (Tabela 2).

Tabela 2 – Capacidade de energia nuclear instalada, 2007

Grupo/país	Capacidade instalada (GWE líquido)	%	% cumulativo
OECD – total	307,6		
EUA	100,0	32,5	32,5
França	63,3	20,6	53,1
Japão	47,1	15,3	68,5
Alemanha	20,4	6,6	75,1
Coréia	16,8	5,5	80,6
Canadá	12,5	4,1	84,6

Fonte: NEA 2008.

A expansão de uso ocorre predominantemente na França e nos Estados Unidos; adicionalmente, em 2006, a energia

nuclear representava 79,1% da geração doméstica de eletricidade na França, 46,7% na Suécia e 26,6% na Alemanha (IEA, 2008). É interessante destacar que nesta escolha não há nenhuma ideologia clara, já que, na visão dos países em desenvolvimento, França e Estados Unidos encontram-se teoricamente em posições antagônicas, de uma visão capitalista liberal mais clara a uma visão humana da economia de mercado. Se há um contraste nítido, este separa países mais e menos desenvolvidos.

Entre os países desenvolvidos há distinções. Alguns detêm e usam mais a hidroeletricidade, uma das mais baratas, e tem conseguido expandir um pouco o uso de energias alternativas. Mas, no mundo como um todo, o Brasil se destaca pela elevada participação das energias alternativas; leia-se, uso do etanol. Assim, a posição brasileira é completamente atípica e, como melhor discutido em outra seção, não é reproduzível em maior escala, pois toda produção mundial possível de biocombustíveis será muito pequena para impactar a matriz energética mundial.

Recentes previsões da FAO (2008) são de que os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), que atualmente respondem por 81% do uso de energia, representem, ainda em 2030, 82% desse total, com somente o carvão aumentando sua participação e o petróleo diminuindo a sua.

Comparando o balanço energético do mundo com o do Brasil, em 2007, nota-se a presença destacada das energias renovais no Brasil, ao lado da também destacada presença da hidroeletricidade (Tabela 3). No entanto, a dependência do petróleo e derivados é idêntica. Analisando-se apenas as renováveis (biomassa e outras e hidroeletricidade), no Brasil, representam 45,8% e no mundo apenas 12,7%. Esta é uma distinção notável, que se deve tanto à forte presença da hidroeletricidade como da energia proveniente de biomassa.

Tabela 3 – Matriz energética – mundo e Brasil, 2007

Fonte	Mundo (%)	Brasil (%)
Carvão mineral	25,3	6,0
Petróleo e derivados	35,0	37,4
Gás natural	20,7	9,3
Nuclear	6,3	1,4
Hidroeletricidade	2,2	15,0
Biomassa e outras renováveis	10,5	30,9

Fonte: Souza (2008), EPE (2008).

Comparando países, há notáveis distinções, devidas principalmente à maior ou menor presença da hidroeletricidade. Entre os países da OCDE, em 2006, a Suécia apresentava quase 30% de renováveis e a Áustria e a Finlândia 22% enquanto a França e a Alemanha tinham 6% (EU Energy Transport, 2009).

Outra forma de observar a matriz energética é analisar a geração de eletricidade por fonte (Tabela 4). Em relação à oferta de energia primária, aumenta a participação do carvão e cai a do petróleo. Comparando 1973 e 2006 cresce a participação da energia nuclear, do gás e do carvão, caindo a da hidroeletricidade e principalmente a do petróleo.

Tabela 4 – Geração de eletricidade por fonte em % e Mtoe: mundo, 1973 e 2006

Fonte	1973	2006
Petróleo	24,7	5,8
Gás	12,1	20,1
Nuclear	3,3	14,8
Hidroeletricidade	21,0	16,0
Carvão	38,3	41,0
Outras	0,6	2,3
Total (Mtoe)	6.116	18.930

Fonte: IEA (2008).

A matriz energética por fonte do Brasil contrasta pela presença da energia obtida da cana-de-açúcar que, pela primeira

vez em 2007, supera a da hidroeletricidade (Souza, 2008, 582) (Tabela 5).

Tabela 5 – BRASIL: Matriz energética por fonte (%), 2007

Fonte	( %)
Petróleo e derivados	36,7
Derivados da cana	16,0
Hidráulica	14,7
Lenha e carvão vegetal	12,5
Gás natural	9,3
Carvão mineral	6,2
Outras renováveis	3,1

Fonte: Souza (2008), EPE (2008).

Adicionalmente, no caso do Brasil, destaca-se a participação da bioeletricidade obtida do bagaço da cana-de-açúcar, a qual representava, em 2008, 85% da potência total produzida em usinas de biomassa (ANEEL, 2008). A capacidade instalada de geração de energia elétrica, por fonte, é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Geração de energia elétrica por fonte – Brasil, 2008

Fonte	Tipo	Capacidade instalada	
		kW	%
Hidro		77.339.979	70,5
Gás	Natural	10.216.482	9,3
	Processo	1.181.028	1,1
Petróleo	Óleo diesel	3.298.272	3,0
	Óleo residual	1.341.494	1,2
Biomassa		4.433.997	4,0
Nuclear		2.007.000	1,8
Carvão mineral		1.455.104	1,3
Eólica		247.050	0,2
Importação		8.170.000	7,6
Total		109.690.406	100,0

Fonte: Souza (2008), ANEEL (2008).



Predominam as fontes hidráulicas, mas há presença de usinas termelétricas. A possibilidade de substituição por bioeletricidade segue paralela à expansão da produção de biocombustíveis (Tabela 7). As previsões é de que se possa a chegar a 15% de geração de energia elétrica de biomassa. Mas, como vem sendo destacado, o Brasil é um caso único no mundo, no qual os biocombustíveis além de impactarem fortemente a matriz energética ainda podem representar no futuro uma parcela importante da geração de energia elétrica.

Tabela 7 – Brasil: Perspectivas de geração de energia elétrica pelo setor sucroalcooleiro

	2006/07	2007/08	2010/11	2015/16	2020/21
Cana-de-açúcar*	430	495	601	829	1.038
Açúcar*	30	30,7	35	41	45
Etanol**	18	22,3	30	47	65
Bioeletricidade ***	1.400	1.800	3.300	11.500	14.400
Participação matriz energia elétrica	3%	3%	6%	15%	15%

Fonte: Souza (2008), Cogen (2008).

Nota: (\*)milhões t; (\*\*)bilhões litros; (\*\*\*) MW médio

Outro ponto de destaque refere-se à energia de transporte. Ou seja, a que move os transportes, em contraste com a energia utilizada nas atividades industriais, comerciais e nas residências. O mundo depende hoje do petróleo, no que se refere à energia líquida, sem nenhuma exceção, inclusive o Brasil. Qual a possibilidade de diminuir esta dependência com expansão dos biocombustíveis?

A dependência do petróleo permanece plena. Os biocombustíveis representam apenas 0,9% do total de

combustível de transporte<sup>3</sup> e, de acordo com projeções da FAO, essa participação deve subir para 2% em 2015 e 3% em 2030 (FAO, 2008). Nos Estados Unidos, maior produtor mundial de etanol, representa apenas cerca de 4% da oferta total de gasolina (GURGEL, 2008, 402; ELOBEID e TOKGOZ, 2008, 918). Apenas no Brasil, novamente um caso único, os biocombustíveis representariam cerca de 50% do total (DESPLECHIN, 2009 b, VELASCO, 2008)<sup>4</sup>.

No mundo, mesmo que a produção de biocombustíveis seja multiplicada quatro vezes, tem-se uma participação ainda muito pequena na oferta de energia de transporte.

Esta rápida discussão pontua dois pontos: primeiro, a energia nuclear é a única energia limpa que aumenta sua participação na matriz energética de modo expressivo. Como a possibilidade de construção de hidroelétricas em muitos países está esgotada e as energias alternativas respondem por uma pequena parcela da energia total, parece inevitável hoje projetar usinas nucleares no mundo como um todo, com as óbvias exceções de países com outras alternativas. Segundo, no que se refere à energia de transporte, não se dispõe hoje de alternativas viáveis ao petróleo. Os biocombustíveis seguramente não são uma solução a nível mundial. No máximo podem reduzir um pouco a dependência, em alguns poucos países, como o Brasil, que dispõem de amplas áreas agrícolas pouco ou quase inexploradas, com as devidas cautelas quanto à produção de alimentos e aos impactos ambientais desta expansão.

---

<sup>3</sup> Estimativa da FAO, Coyle (2007), estima que a produção global de biocombustíveis representa menos que 3% da oferta global de combustíveis de transporte.

<sup>4</sup> Pelo Energy Act de 2007 o uso de biocombustíveis pode chegar, em 2022, a 20% do consumo de combustíveis (Velasco, 2008).

### **3 OS BIOCOMBUSTÍVEIS E A REDUÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA**

Este objetivo dos biocombustíveis está bem estabelecido em alguns países desenvolvidos. A adição de etanol, tanto à gasolina como ao óleo diesel, ou de biodiesel ao óleo diesel, reduz a emissão de gases de efeito estufa. Esta é uma questão bem estabelecida. Qual o percentual necessário? A literatura indica que cerca de 10% é suficiente para obter a maior parte dos benefícios. De fato, veículos exclusivos com biocombustível quase que só rodam no Brasil. Há veículos flex nos Estados Unidos e exclusivamente com biodiesel na União Européia, mas tem pouca expressão.

Enquanto o combustível principal for derivado do petróleo, o papel dos biocombustíveis como aditivo está bem identificado e justificado. A questão que se coloca é que a produção dos combustíveis requer energia e o balanço energético de cada alternativa é distinto. Assim, tomando-se um balanço energético mundial, há alternativas que são claramente superiores.

A literatura recente apresenta muitas comparações interessantes. Estudo publicado na National Geographic (2007) resume o estado das pesquisas na área: a pior alternativa é a produção de etanol a partir do milho, como nos Estados Unidos; a melhor, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, como no Brasil<sup>5</sup>. A melhor perspectiva advém do uso de celulose, a partir de matéria vegetal, ainda em desenvolvimento. Gurgel (2008) resume alguns trabalhos que ampliam as possibilidades, considerando alternativas de uso do solo para as áreas de produção. Cita Fargione et al. (2008), que estimam emissões

---

<sup>5</sup> Em eficiência de energia : com uma unidade de insumo se obtém 1,3 a partir do milho, 2,5 com biodiesel e 8,0 com cana-de-açúcar; em relação à emissão de CO<sub>2</sub>, para uma emissão de 20,4 de gasolina, o etanol de milho reduz para 16,2 (diminui 22%) e o etanol de cana reduz para 9 (diminui 56%).

geradas no ciclo de vida da biomassa, indicando como piores alternativas o biodiesel de palma ou de soja produzido em áreas de floresta tropical, seguido, do pior para o melhor, pelo etanol de milho em área de gramíneas ou agrícola abandonada nos Estados Unidos, pelo biodiesel de soja em área de Cerrado no Brasil, pelo etanol de cana-de-açúcar no Brasil e finalmente pelo etanol de bio-massa em áreas abandonadas ou marginais. Esta conclusão referenda a divulgada pela National Geographic, ampliando para o tipo de substituição de uso do solo decorrente da expansão do biodiesel. O trabalho de Zah et al. (2007), também citado por Gurgel (2008),

compara custos ambientais de diversos tipos de biocombustíveis, considerando não apenas as emissões de gases de efeito estufa mas também aspectos como conservação de biodiversidade, limitações hídricas, proteção do solo, entre outros”, concluindo que “os piores resultados estariam relacionados à produção de etanol a partir do milho nos EUA e de biodiesel a partir da soja no Brasil”, sendo os melhores “obtidos pela produção de biodiesel a partir de óleos vegetais reciclados e etanol obtido a partir de plantas madeiriças” (GURGEL, 2008, p. 419).

A conclusão geral de Gurgel (2008) é de que o etanol da cana-de-açúcar é a mais promissora das tecnologias em uso, ditas de primeira geração. Os de segunda geração, produzidos a partir da celulose,

devem ser capazes de ... produzir maiores quantidades de biocombustíveis por unidade de área cultivada com biomassa...(podem) ser produzidos em diversas regiões do globo e .. geram baixo impacto para o ciclo de carbono. Contudo, tais tecnologias ainda

estão em desenvolvimento e são bem mais caras que as de primeira geração...(GURGEL, 2008, p. 421).

Há inúmeros outros trabalhos que comparam fontes, como visto acima, detalhando usos alternativos de área e critérios ambientais outros e de biodiversidade, mas a constatação básica do balanço energético permanece válida para elencar as alternativas. Dentre as tecnologias de primeira geração, o etanol da cana-de-açúcar destaca-se como melhor alternativa. E, dada a magnitude do problema e a necessidade do biocombustível como aditivo para reduzir os gases de efeito estufa, toda produção de etanol de cana-de-açúcar seria insuficiente caso alguns países grandes consumidores tornassem mandatório o seu uso. Para detalhar esta questão vale a pena analisar algumas projeções de produção e consumo. A FAO (2008) apresenta quadro da produção mundial de biocombustíveis em 2007 (Tabela 8).

Tabela 8 – Produção de biocombustíveis, 2007.

País e Região	Etanol		Biodiesel		Total	
	Milhão litros	MToe	Milhão litros	MToe	Milhão litros	MTboe
Brasil	19.000	10,44	227	0,17	19.227	10,60
Canadá	1.000	0,55	97	0,07	1.097	0,62
China	1.840	1,01	114	0,08	1.954	1,09
Índia	400	0,22	45	0,03	445	0,25
Indonésia	0	0	409	0,30	409	0,30
Malásia	0	0	330	0,24	330	0,24
EUA	26.500	14,55	1.688	1,25	28.188	15,80
UE	2.253	1,24	6.109	4,52	8.361	5,76
Outros	1.017	0,56	1.186	0,88	2.203	1,44
Mundo	52.009	28,57	10.204	7,56	62.213	36,12

Fonte: FAO, 2008, p. 27.

Em relação a etanol, os Estados Unidos, que utilizam o milho como material prima, são os maiores produtores mundiais, seguidos do Brasil em segundo lugar. Em terceiro vem a União Européia (UE), depois China e Canadá. Na produção de biodiesel, destaca-se a União Européia, sendo que a Alemanha e a França juntos representam cerca de 80% da produção da UE, seguido de longe pelos Estados Unidos. A Indonésia e a Malásia são grandes exportadores de biodiesel de palma.

Diniz analisou o mercado mundial para etanol, apresentando previsões de demanda para o período 2006-2015 (Tabela 9). Por estas previsões o consumo continuará concentrado nos Estados Unidos e no Brasil, embora com moderada expansão na União Européia e outros países. Comparando a previsão para 2007, de 39 bilhões de litros, com a produção efetiva de 52 bilhões, constata-se que ocorreu uma aceleração no consumo, devido em primeiro lugar aos Estados Unidos, que passa de uma previsão de consumo de 17 bilhões de litros para uma produção de 26,5 bilhões, e em segundo lugar ao Brasil.

Tabela 10 – Principais consumidores de etanol: previsão de demanda 2006-2015 (em bilhões de litros)

Regiões	2006	2007	2008	2009	2010	2015
EUA	16,0	17,0	34,1	42,0	49,0	77,6
Brasil	14,0	15,0	16,5	18,2	20,0	28,5
União Européia	2,0	2,0	2,0	2,0	9,0	9,0
Japão	1,0	1,0	1,7	1,7	1,7	1,8
Outros	3,5	4,0	4,5	5,0	8,0	8,0
Total	36,5	39,0	58,8	68,9	87,7	124,9

Fonte: Diniz (2008).

Marjotta-Maistro apresentou também um quadro resumo da evolução dos programas de etanol entre 2000 e 2006 (Tabela 10). Vários países ampliaram a utilização de etanol, principalmente Estados Unidos e Brasil, e vários outros sinalizam ampliação, como China, Índia e Japão. Na União Européia, a escolha favoreceu o uso do biodiesel, entre outras razões porque a frota Européia utiliza mais o diesel.

Tabela 10 – Evolução dos programas de etanol entre 2000 e 2006 de países selecionados

País	2000	2006
Brasil	Etanol anidro: mistura de 20 a 25% na gasolina	Veículos flex fuel lançados em 2003 representam 80% das vendas em 2008.
EUA	Há 90.000 veículos flex. E10 em 12% da gasolina consumida	Há 5 milhões de veículos flex; meta de uso de 28,4 bilhões de litros/ano até 2012. Este volume deve ser atingido principalmente pelo E10.
EU	Meta: 2% de combustível renovável até 2006 em meios de transporte	Meta de 12% de fontes renováveis até 2010, com 5,75% no setor de transportes. Foco no biodiesel.
Canadá	E5	E10 em 35% até 2010.
Japão	E3 facultativo	E3 facultativo. Meta: E10 até 2008.
Índia	Não significativo.	E5 em algumas regiões.
China	Estudo da implementação do E10.	E10 em 5 províncias.
Tailândia	Estuda possibilidades.	Meta: E10 com início em 2007.
América do Sul	Colômbia já utiliza E10.	E10 (Colômbia, Peru, Venezuela, Paraguai).

Fonte: Marjotta-Maistro (2008).

Nota: E5 representa adição de 5% de etanol; E10 de 10%.

O quadro resumo de projeções para 2012, de Marjotta-Maistro soma uma demanda potencial em torno de 38,6 bilhões de litros de etanol com programas de mistura, exclusive o Brasil. Estas projeções situam-se abaixo das feitas por Diniz, com base em literatura mais atual. Enquanto Marjotta-Maistro estima uma demanda de 38,6 bilhões para 2012, Diniz prevê uma demanda de 67,7 bilhões já em 2010. A maior diferença deve-se ao consumo dos Estados Unidos.

Estas projeções, no entanto, têm ficado rapidamente defasadas, pelo aumento de consumo e principalmente pela progressiva adoção de legislação mais restritiva em alguns países. Esta aceleração atende tanto a pressão ambiental quanto à elevação do preço do petróleo, em 2007 e nos três primeiros trimestres de 2008. Com a crise que se abateu no final de 2008 e queda do preço do barril do petróleo, é possível que exista queda na demanda projetada. Esta vem sendo sinalizada por alguns autores (SENAUER, 2008; TYNER e TAHERIPOUR, 2008).

Em relação à expansão, tome-se o caso dos Estados Unidos. O Energy Policy Act de 2005 prevê uma produção de 6,1 bilhões de galões em 2009 e 7,5 bilhões em 2012. Mas, com a adoção do Renewable Fuel Standard (parte da Energy Bill), em 2007, o consumo passaria para 34 bilhões de litros em 2008 (foi de 26,5 bilhões em 2007) e 132 bilhões de litros em 2022 (36 bilhões de galões) (SZWARC, 2008, apud MARJOTTA-MAISTRO, 2008), embora tenha sido imposto um teto de 15 bilhões de galões de etanol de milho, provindo os outros 21 bilhões de biocombustíveis de tecnologia de segunda geração (SENAUER, 2008). De fato, o consumo atinge 28 bilhões de litros em 2007, indicando mudança de rumo, embora projeções para 2022 devam ser vistas com cautela, pois pressupõem inclusive a entrada de tecnologias de segunda geração.

A União Européia pelo Renewable Fuels Directive de 2003 estabelece meta requerendo que os biocombustíveis representem pelo menos 10% dos mercados de combustíveis



líquidos em 2020 (EUROPEAN COMMISSION, 2007). Mas, neste caso, a preferência é pelo biodiesel.

Do lado da oferta, os dois maiores produtores, Estados Unidos e Brasil, são responsáveis por 87,5% da produção mundial de etanol, representando os Estados Unidos 51% e o Brasil 36,5%.

As metas vêm sendo alteradas para cima, como no caso dos Estados Unidos, do EPA de 2005 para o de 2007, no caso da União Européia, e da China; por isso foi procedida atualização com as novas metas (Tabela 11).

Tabela 11 – Programas de biocombustíveis em 2008 - países selecionados

País / região	Metas
Brasil	20-25% anidro; B-3, 2008, B-5, 2010
Canadá	5% etanol em 2010; 2% biodiesel em 2012
China	15% da energia de transporte em 2020
França	5,75% em 2008, 7% em 2010, 10% em 2015
Alemanha	6,75% em 2010, 8% em 2015, 10% em 2020
Índia	Proposto 5-10% para etanol e 2% para biodiesel
Itália	5,75% em 2010, 10% em 2020
Reino Unido	5% em 2010, 10% em 2020
EUA	9 billions de galões em 2008, 36 bilhões em 2020
UE	10% em 2020 (proposta)

Fonte: FAO (2008)

Quanto às previsões de consumo, há que destacar, no caso dos Estados Unidos, a distinção feita entre etanol (agora

com teto máximo de 36 bilhões de galões de etanol) e biocombustíveis de segunda geração, e no caso da União Européia, as previsões para cima. Estados Unidos, União Européia e Brasil devem continuar respondendo por mais de 80% do consumo total.

Comparando-se produção e consumo mundial chega-se a conclusão que predominando o uso de biocombustíveis como redutor dos gases de efeitos estufa no mundo, mesmo sendo eliminado o uso exclusivo em veículos movidos a álcool ou flex, ainda assim a produção seria insuficiente para atender o consumo. Ou seja, os biocombustíveis têm presença limitada na matriz energética, inclusive na de transporte, não sendo prevista uma produção, nos próximos 20 anos, sequer necessária para representar 5% do consumo de combustível de transporte total.

No caso específico do Brasil, para piorar a situação mundial, o baixo custo de produção torna o etanol competitivo com o petróleo, mesmo com a redução de preço ocorrida ao final de 2007. Ou seja, enquanto no mundo etanol e gasolina são complementares, no Brasil são substitutos. Assim, do ponto de vista do país faz sentido o uso de carros flex e de etanol como combustível exclusivo. E, dado o baixo custo de produção, o etanol é competitivo a preços relativamente baixos do barril de petróleo. Mas esta situação é muito particular ao Brasil e há poucos países que dispõem de tecnologia e terras disponíveis para produzir a baixo custo. As exportações de biocombustível do Brasil correspondem a eventuais excessos de produção, a menos que os preços se tornem tão atrativos que seja preferível expandir o consumo de gasolina.

A previsão de produção do Brasil mostra aumentos destacados mas sempre com predominância do mercado interno no caso do etanol (Tabela 12). Em relação ao açúcar, ocorre o inverso – as exportações que representam pouco mais do dobro do consumo interno podem passar a representar quase três vezes este consumo interno. Para o etanol é previsto expansão das

exportações, tanto para os Estados Unidos como para outros países.

Tabela 12 – Projeções para a produção de cana-de-açúcar, açúcar, álcool e bioeletricidade

	2008/09	2015/16	2020/21
Produção de cana*	562,0	829,0	1.032,0
Produção de açúcar*	31,2	41,2	45,0
Mercado interno	10,2	11,4	12,1
Exportação	21,0	29,9	32,9
Produção de etanol	27,0	46,9	65,3
Mercado interno	22,2	34,6	49,6
Exportação	4,8	12,3	15,7
Bioeletricidade (MW)	1800	11.500	14.400
Participação na matriz energética	3%	15%	15%

Fonte: Desplechin, 2009b.

Nota: (\*) milhões de toneladas

#### **4 IMPACTOS DA EXPANSÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS SOBRE A PRODUÇÃO E O PREÇO DOS ALIMENTOS: A POLÊMICA SOBRE BIOCOMBUSTÍVEIS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**

Outro aspecto controverso em relação aos biocombustíveis diz respeito ao efeito da expansão da sua produção sobre a produção e o preço dos alimentos. Concomitantemente com a expansão dos biocombustíveis foi observada elevação do preço dos alimentos. Senauer (2008) reporta que entre 2005 e Janeiro de 2008 o preço do trigo aumentou 143%, o do milho 105%, o do arroz 154%, o do açúcar 118%, as sementes oleaginosas 197%. Ora, a tendência projetada pelo IFPRI (2002) era de estabilidade do preço dos alimentos, embora com alguma elevação do preço das carnes,

devido principalmente à elevação da renda e ao crescimento da população da Ásia, notadamente China e Índia. O que teria feito reverter esta tendência se não a expansão da área com biocombustíveis?

Essa é uma boa hipótese, embora nem sempre exista causalidade onde se constata correlação. Assim, por exemplo, a queda brusca do preço do petróleo, no final de 2008, deveu-se também à expansão dos biocombustíveis? Muito pouco provável. Entre outras evidências em contrário, os biocombustíveis vem em expansão por muitos anos e o preço do petróleo vinha batendo recorde sobre recorde, atingindo valores superiores a US\$ 150 por barril.

Retornando à questão dos alimentos, haverá múltiplas causas, conjunturais e estruturais, afetando a produção e o preço dos alimentos (SENAUER, 2008; PINGALI et al, 2008; FAO, 2008). Não há uma causa única, nem cada alimento foi afetado do mesmo modo nem pela mesma causa. De um lado, ocorre expansão da demanda, principalmente em países da Ásia. De outro lado, ocorrem, na Ásia, perturbações climáticas que afetam a produção de arroz<sup>6</sup>; conjuntamente o preço do arroz se eleva devido à contração da oferta. A produção de trigo da Austrália é afetada pela seca, em 2008, e a Argentina decide suspender a exportação de trigo. Com a queda dos estoques o preço se eleva. A grande expansão da produção de etanol no Brasil ocorre ao lado da expansão da produção da soja sem ocorrer maior contração na produção de alimentos (PINGALI et al, 2008). No entanto, diversos autores detectam a presença de conflito nos Estados Unidos, devido à contração da oferta de milho consequente do seu uso para a produção de etanol, assim como um início de desvio de área de trigo para a produção de milho. Com isto os estoques de milho e trigo diminuem e o preço se eleva. Há vários estudos recentes tratando esta questão.

---

<sup>6</sup> O Vietnam, segundo maior exportador de arroz, suspendeu suas exportações em 2008 (SENAUER, 2008)

Hertel et al. (2008), usando o modelo GTAP de equilíbrio geral, simulam o impacto das políticas dos Estados Unidos e da União Européia de estímulo aos biocombustíveis. A Tabela 13 resume os principais resultados obtidos por Hertel et al. 2008).

Tabela 13 – Mudanças percentuais em produção e área cultivada nos EUA, na UE e no Brasil devidas às políticas de estímulo aos biocombustíveis dos EUA e da UE

Produtos	EUA	UE	Brasil
<b>Produção</b>			
Etanol	177,5	430,9	18,1
Biodiesel	176,9	428,8	-
Milho e sorgo	16,6	2,5	-0,3
Oleaginosas	6,8	51,9	21,1
Cana-de-açúcar	-1,8	-3,7	8,4
Outros grãos	-7,6	-12,2	-8,7
Outros produtos agrícolas	-1,6	-4,5	-3,8
Pecuária	-1,2	-1,7	-1,4
Produtos florestais	-1,2	-5,4	-2,7
<b>Área cultivada</b>			
Milho e sorgo	9,9	-2,3	-3,2
Oleaginosas	1,5	40,1	16,0
Cana-de-açúcar	-5,8	-7,4	3,9
Outros grãos	-10,1	-15,1	-10,9
Outros produtos agrícolas	-2,7	-6,2	-5,2

Fonte: Hertel et al. (2008).

O impacto dos estímulos expande a produção de etanol em 177,5% nos Estados Unidos, em 430,9% na União Européia e por extensão, em 18,1% no Brasil. A produção de biodiesel apresenta crescimento semelhante nos Estados Unidos e na União Européia, embora, neste caso, não afete o Brasil, que não tem nenhuma presença neste mercado. Estes resultados, como visto, decorrem de políticas que expandem a demanda ao mesmo

tempo que mantém subsídios de preço e tarifas de proteção. Outros trabalhos, assumindo crescimento da demanda mas com mercado livre obtêm resultados bem distintos.

A expansão da produção de biocombustíveis nos Estados Unidos se dá com expansão da produção e da área plantada com milho e oleaginosas, mas com contração da produção de cana-de-açúcar, de outros grãos e outros produtos agrícolas. Na União Européia, predomina a expansão de oleaginosas, uma vez que é privilegiado o biodiesel em relação ao etanol, havendo contração da produção e da área com beterraba-para-açúcar, outros grãos e outros produtos agrícolas. O Brasil expande a produção de etanol, de oleaginosas e de cana-de-açúcar, mas ao mesmo tempo contrai a produção de milho, de outros grãos e outros produtos agrícolas. Destaca-se a contração da produção e da área de outros grãos, na União Européia, no Brasil e nos Estados Unidos. Com base nesta simulação, a contração na produção de alimentos (outros grãos e outros produtos) seria expandida pelo mundo, com diminuição dos estoques, das exportações desses dois pólos (Estados Unidos e União Européia) e diminuição da produção em outros países. Esses resultados dependem crucialmente das hipóteses sobre a taxa de expansão da área cultivada. Sheldon e Roberts (2008), por exemplo, citando estudo da OECD, informam que o Brasil precisa apenas 3% da sua área agricultável para produzir 10% do consumo de combustíveis de transporte, enquanto para atingir a mesma meta os Estados Unidos precisam 30% da área, o Canadá 36% e a União Européia 72%. Como o Brasil dispõe de ampla fronteira interna, pode expandir a produção sem necessidade de contrair a produção de alimentos.

Em contraste com esse modelo, Elobeid e Tokgoz (2008) simulam a eliminação das distorções introduzidas pelos Estados Unidos no mercado interno do etanol obtendo impactos para os Estados Unidos e para Brasil. Para tal usam um modelo mundial multimercado, com equilíbrio em 2015. Com mercado livre o

preço do etanol sobe 24%, o preço do açúcar apresenta ligeira diminuição e o preço do milho decresce (Tabela 14). No mercado dos Estados Unidos, a produção de etanol cai e as importações aumentam drasticamente, para manter o consumo; com a retirada dos subsídios, o preço interno do etanol cai, mas a participação no consumo de gasolina apresenta apenas ligeiro aumento. O Brasil reduz um pouco o consumo de etanol, a produção aumenta como reflexo da elevação de preço e as exportações apresentam substancial elevação.

Tabela 14 – Mudanças percentuais em produção e preço devidas à eliminação das barreiras tarifárias no mercado de biocombustíveis dos EUA e do Brasil (2006-2015).

	Mundo	EUA	Brasil
Quantidades (milhões de galões)			
Produção de etanol		-7,23	9,10
Consumo de etanol (total)		3,75	-3,32
Anidro			-2,32
Hidratado			-3,74
Importações líquidas de etanol		199,04	
Exportações líquidas de etanol			63,96
Participação de etanol no consumo de gasolina		3,74	
Participação de cana-de-açúcar na produção de etanol			4,87
Preços			
Etanol (US\$ galão)	23,89	-13,57	
Açúcar bruto (US\$/ cwt)	1,77		
Milho (US\$/bushel)	-1,53		

Fonte: Elobeid e Tokgoz (2008).

A redução da produção de etanol nos Estados Unidos contrai a demanda por milho e o preço do milho cai. Adicionalmente, há maior disponibilidade de milho para outros

usos. Com a expansão da produção de etanol no Brasil, a produção de açúcar diminui e o preço mundial se eleva. Comparando a situação presente, na qual a expansão da produção de etanol de milho eleva o preço do milho e a expansão da área com milho reduz a área com soja e trigo, afetando negativamente a produção de alimentos, com a situação de mercado livre, Elobeid e Tokgoz (2008) concluem que “o impacto da expansão do etanol é mitigado pela expansão do comércio”, isto é, pelo aumento das importações. Os autores adicionam dois outros pontos interessantes. Analisando o bem estar, concluem que nos Estados Unidos, com a remoção das barreiras, os produtores de etanol e de milho perdem excedente enquanto os consumidores ganham; no Brasil ocorre o contrário: com elevação do preço, os produtores ganham e os consumidores perdem. Do ponto de vista ambiental chamam a atenção, como já destacado acima, que o etanol de milho reduz as emissões de carbono em 20-25% enquanto que o etanol de cana-de-açúcar reduz cerca de 80% - ou seja, a abertura é altamente positiva do ponto de vista ambiental. Por fim, destacam que o modelo considerou etanol e gasolina complementares, mas que com o advento dos veículos flex eles passam a ser substitutos, o que, evidentemente, muda os resultados estimados.

Banse et al. (2008, citads por Gurgel, 2008) também procedem a diversas simulações de aumento do consumo de etanol. Na ausência dessas políticas obtêm diminuição dos preços dos produtos agrícolas, ocorrendo inversão com a adoção de políticas de estímulo (Tabela 15).

Aumentos ainda mais dramáticos são obtidos pelo grupo do IFPRI, utilizando modelo de equilíbrio parcial (MSANGI et al., 2007). Assumindo um cenário de crescimento de 3,5 vezes na demanda de biocombustíveis no mundo, entre 2005 e 2020, “o milho teria aumentos de preço entre 23% e 41%, as sementes



oleaginosas entre 43% e 76%, a cana-de-açúcar entre 43% e 66% e o trigo entre 16% e 30%”(GURGEL, 2008, 415).

TABELA 15 – Mudança no preço real de produtos agrícolas entre 2001 e 2020 com e sem políticas de estímulo à produção de biocombustíveis.

	Cereais	Oleaginosas	Açúcar
Sem política	-12	-7	-6
Com política	5	19	3

Fonte: Banse et al. (2008), em Gurgel (2008).

Rosegrant et al. (2008, 499), usando o mesmo modelo e outras simulações reportam variações de preço do milho de 26% a 72%, de sementes oleaginosas de 18% a 44%, de cana-de-açúcar de 12% a 27%, de mandioca entre 11% e 27% e de trigo de 8% a 20%. A variação de preço, no caso de Msangi et al (2008), depende de hipótese sobre manutenção ou aumento de produtividade, e no caso de Rosegrant et al (2008) da taxa de crescimento da demanda de etanol. Note que este novo cenário substitui as estimativas de alguns poucos anos do IFPRI, que tinham como horizonte final exatamente o ano de 2020. Mas Carl (2008), comentando o trabalho de Rosegrant et al (2008) aponta que os cenários para os Estados Unidos não são realistas, que a expansão da produção de milho dos Estados Unidos já ultrapassou a previsão do cenário 2 sem que tenham ocorrido as elevações de preço previstas o que o leva a concluir que a expansão da área agrícola e das mudanças tecnológicas não estão bem modeladas. Assim, estas previsões alarmistas de preço não tem uma base realista de projeção. Adicionalmente, anote-se que se, em 2004, a parcela de milho usada para produção de etanol representava 11% da produção total, em 2007, atingia 22% (TYNER e TAHERIPOUR, 2008). Em relação ao Brasil, encontram que a expansão de etanol requer

redução das exportações de açúcar, o que também parece pouco realista.

Na mesma linha, também utilizando modelos de equilíbrio parcial, Searchinger et al. (2008) simulam um aumento da produção de etanol de milho, nos Estados Unidos, para 56 bilhões de litros, em 2016, obtendo aumentos de preço de 40% para o milho, 20% para a soja e 17% para o trigo, com redução das exportações norteamericanas de 62% para o milho, 28% para a soja e 31% para o trigo (SEARCHLINGER et al., 2008, apud GURGEL, 2008, 415).

Tyner e Taheripour (2008), utilizando modelo de equilíbrio parcial, modelaram a variação na produção de milho, de etanol e no preço do milho em função do preço do barril de petróleo. Este é um modelo muito interessante por integrar mercados, assumindo que o etanol é um substituto da gasolina. Esta hipótese é perfeitamente válida para o Brasil, mas não reflete a realidade dos Estados Unidos, onde etanol e gasolina são complementares. Assumem quatro opções de política para o etanol: um subsídio fixo, como atualmente, um subsídio variável, ausência de subsídio e a fixação de um padrão (RFS – renewable fuel standard). A produção de etanol e de milho cresce com o preço do petróleo, embora a demanda por gasolina pouco se altere; sem subsídio, a produção de etanol é mínima para preços do barril de petróleo inferiores a US\$60. O preço do milho varia bastante, em função da política, sendo crescente, como dito, com o preço do petróleo. As previsões não são realistas para os Estados Unidos devido à hipótese de substituição, mas o modelo é muito interessante por mostrar a integração de mercados e calcular correlações muito elevadas para séries de preços mensais de petróleo, gasolina e etanol.

Tokgoz et al. (2008) simularam expansão do consumo de etanol de milho, utilizando modelo multi-produto, multi-país de equilíbrio parcial, sobre o setor agrícola dos Estados Unidos. Obtêm aumento do preço do milho e da sua produção ocorrendo

redução da produção de soja e trigo, o que resulta em contração nas exportações dos Estados Unidos de milho, de soja e de trigo. Um resultado interessante surge da comparação do etanol de milho com o biodiesel de soja: como a soja produz menos energia não é competitiva em relação ao milho. Os autores mantêm no modelo os subsídios e impostos que de certa forma isolam o mercado americano, tornando o etanol de milho rentável. Na mesma linha, Wilson et al. (2008), detalhando áreas de produção nos Estados Unidos e disponibilidade de terras, em modelo de otimização espacial do mercado mundial de grãos, centrado nos mercados de milho, soja e trigo, obtêm resultados semelhantes. Com manutenção da política americana, inclusive subsídios, enquanto caem as exportações de milho, aumentam as da Argentina, da União Européia e do Brasil. O volume de exportação de soja dos Estados Unidos se mantém mas a do Brasil e da Argentina mais que dobra, reduzindo a participação americana à metade da desses dois países. As exportações de trigo dos Estados Unidos também se reduzem, mas as da União Européia e as da Austrália aumentam; há contração das exportações da Argentina. Note que a União Européia joga papel central nas exportações de milho e trigo. No entanto estes autores ignoram completamente as mudanças na política de biocombustíveis da União Européia.

Um único trabalho (GOHIN, 2008) analisa os impactos da política de biocombustíveis da Europa sobre o setor agrícola, usando modelo de equilíbrio geral. Assume redução no preço de suporte do açúcar e eliminação das exportações do açúcar tipo C. Os biocombustíveis devem ser combinados na razão EU-15, tanto o biodiesel como etanol. A demanda por biodiesel é suprida por produção/importação de óleo de colza, de palma, de girassol ou de soja e a de etanol por trigo mole, milho e beterraba. Para atender as metas fixadas a produção de óleo de colza aumenta 65% sendo complementada por importações. A produção de girassol também é expandida (30%), enquanto o

preço do óleo de colza sobe 47,6%, o de soja 33,6% e o de palma 39,1%. Um resultado interessante é que com o aumento da produção de torta de colza a União Européia torna-se menos dependente da importação da torta de soja. Para atender a necessidade de etanol há aumento da produção de trigo mole e de beterraba e ligeira diminuição da produção de milho. O ajuste ocorre basicamente nas exportações: as de trigo são reduzidas em 54%. Estes resultados mostram que as projeções do lado americano, esperando ajuste mundial com aumento das exportações de milho e trigo da União Européia chocam-se com as projeções baseadas na política da UE. Interessantemente, a produção de carnes é muito pouco afetada, havendo apenas mudança do tipo de ração. As simulações dependem crucialmente do preço do petróleo; com diminuição do preço do barril abaixo de US\$60, a produção de etanol de beterraba torna-se inviável (mesmo com a atual tarifa de importação de etanol) e a de trigo mole diminui.

O que estes modelos nos dizem é que os impactos podem variar muito, dependendo das políticas adotadas, das simulações feitas, dos parâmetros e características dos modelos. A importância das hipóteses, principalmente quanto aos ganhos de produtividade, foi mais uma vez demonstrada em recente trabalho (KEENEY e HERTEL, 2009). Mas, de modo geral, os maiores impactos sobre o mercado de alimentos advêm da manutenção das políticas protecionistas, principalmente dos Estados Unidos, no mercado de biocombustíveis. Esses efeitos são maiores em relação ao mercado de milho e de trigo. Com redução ou eliminação das tarifas, os efeitos são atenuados, resultando em menores impactos sobre a produção de alimentos. Adicionalmente, a substituição do etanol de cana-de-açúcar pelo de milho tem impactos ambientais extremamente benéficos.

Um ponto final de cautela refere-se aos biocombustíveis de segunda geração. Caso sejam tornados viáveis, técnica e economicamente, todos estes modelos estarão superados. Por

fim, mas não menos importante, sob qualquer cenário, o consumo de derivados de petróleo no mercado de combustíveis permanece preponderante e essencial, com a possível exceção do caso particular do Brasil e de um ou outro país, com disponibilidade de terras agrícolas.

## **5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXPANSÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS**

Caso seja considerada controversa a discussão sobre o impacto da expansão dos biocombustíveis sobre a produção de alimentos, o impacto sobre o meio ambiente é ainda mais controverso, uma vez que em ambos há múltiplas possibilidades, comportando inúmeras hipóteses.

Para ordenar a discussão, pode-se formular três questões distintas: o impacto na redução das emissões de gases de efeito estufa; o impacto diferenciado por tipo de biocombustível; o impacto em função da área utilizada para expansão da produção.

Em relação à emissão de gases de efeito estufa há pouca controvérsia. Esta é a grande motivação para o uso de mistura de gasolina ou diesel com biocombustíveis. Seu efeito benéfico sobre o meio ambiente não apresenta maiores discordâncias. Não obstante, pode-se questionar se o uso como substituto da gasolina ou do diesel não pode terminar por causar impactos negativos. Primeiro, como discutido acima, não existe qualquer possibilidade, por maior que venha a ser a expansão da área com biocombustíveis, de substituição desses combustíveis fósseis em escala significativa a nível mundial. Ou seja, esta é uma questão restrita a poucas áreas, hoje talvez só ao Brasil. Recorde-se que tanto o Brasil como os Estados Unidos iniciaram esta corrida para produção de etanol por conta de superproduções de cana-de-açúcar e de milho. Ou seja, inicialmente já havia áreas plantadas, sendo apenas estabelecido um uso alternativo. A expansão para novas áreas implica em substituição do uso do

solo, seja contraindo a produção de outros grãos, como soja e trigo no caso dos Estados Unidos, ou pastagem e eventualmente vegetação nativa e até florestas no caso do Brasil. Como esta discussão refere-se à terceira questão, pode-se adiá-la um pouco. Pode-se concluir, no entanto, sobre as razões para usar biocombustíveis como substitutos de combustíveis fósseis. Há uma justificativa econômica caso o custo de produção mostre ser opção mais barata que o petróleo ou o diesel. Este é o caso do Brasil. Com a adoção dos veículos flex e sem subsídios, a decisão econômica é repassada aos consumidores. Cabe aos países estabelecer zoneamento ecológico e impor custos ambientais se for julgada que a expansão pode trazer impactos negativos sobre o meio ambiente e a biodiversidade. Ressalte-se que esta é uma situação completamente distinta da dos países que adotam políticas de incentivo ao uso e subsídio à produção.

Esta última frase remete à segunda questão, também já tratada acima. As vantagens de uso do etanol da cana-de-açúcar são muitas, em relação a outras fontes de biocombustíveis, tanto como aditivo da gasolina como do diesel. Elobeid e Tokgoz (2008), entre outros, destacam que enquanto o etanol da cana reduz em 80% as emissões de carbono o etanol do milho reduz apenas de 20% a 25% (redução líquida, considerando os gastos para produção)<sup>7</sup>. Dessa forma, políticas que estimulem a produção de etanol de milho ou de algumas fontes de biodiesel, de fato, estão reduzindo os efeitos benéficos potenciais sobre o meio ambiente. Não estão impactando negativamente mas estão reduzindo os impactos potenciais positivos.

A literatura tem destacado que maiores impactos podem resultar do uso dos biocombustíveis de segunda geração. Não cabe dúvida quanto a essa possibilidade, a qual, no entanto, ainda não é operacional nem econômica. Igualmente, tem sido

---

<sup>7</sup> Velasco (2008) amplia mais a faixa de variação, “dependendo do estudo”, de 70-90% para o etanol de cana-de-açúcar e de 13-30% para o etanol de milho.

destacado que a produção de biodiesel com uso de vegetais reciclados, de etanol a partir de plantas madeiriças e a produção de biomassa em áreas agrícolas abandonadas e marginais são as de maior contribuição para o meio ambiente [GURGEL, 2008; ZAH et al., 2007 (citado por, 2008); SCHALERMANN e KAURENCE, 2008; FARGIONE et al, 2008].

A controvérsia desta segunda questão decorre do conflito entre vantagens ambientais globais e benefícios privados locais. Como estimado por Elobeid e Tokgoz (2008) e já destacado acima, a retirada das barreiras dos Estados Unidos à importação do etanol brasileiro trará vantagens ambientais globais, mas implica em perda de excedente dos produtores de milho e de etanol, lobby forte em defesa dos subsídios e da proteção; haveria ganho dos consumidores dos Estados Unidos, pela redução de preço interno e ganho dos produtores brasileiros pela elevação do preço mundial, além de perda dos consumidores brasileiros. Dado o conflito distributivo resta a questão em aberto – quem paga pelos ganhos ambientais globais?

A terceira questão resume a controvérsia maior e menos esclarecida. Sobre que terras se dará a expansão da produção de biocombustíveis? Há muitas hipóteses implícitas nos modelos que tratam desta questão, as quais nem sempre se encontram bem explicitadas. Primeiro, que políticas são assumidas? Há desde políticas pouco contestadas de obrigatoriedade de misturas, para reduzir a emissão de gases, a controversos subsídios e estímulos à produção interna. São estas últimas que fazem toda a diferença nos modelos. Segundo, como tratar a substituição de culturas, se ou com inclusão de áreas de vegetação nativa. As simulações podem gerar, alternativamente, maiores impactos sobre a produção de outras culturas e alimentos ou maiores impactos sobre o ambiente e a biodiversidade. Terceiro, como tratar a expansão da área cultivada total em países com fronteiras internas e externas,

como o Brasil. A expansão pode se dar em áreas de Cerrado, como argumentam alguns (DESPLECHIN, 2008 b) ou sobre a Floresta Amazônica, como argumentam outros (NELSON e ROBERTSON, 2008). A breve revisão feita abaixo nem pretende ser exaustiva nem apresentar maiores conclusões.

Elobeid e Tokgoz (2008), analisando os efeitos da simulação de uma remoção das distorções no mercado americano de etanol, encontram efeitos ambientais positivos pela substituição parcial do etanol de milho pelo de cana-de-açúcar. O efeito negativo sobre a emissão de gases da expansão da produção de etanol de milho, devido à substituição de culturas, é reafirmado em trabalho desses autores com outros (SEARCHINGER et al., 2008). Caso a expansão de cana-de-açúcar ocorra em áreas de pastagens tropicais, o ganho ambiental seria considerável mas caso avance sobre a floresta tropical este ganho diminui, mas, ainda assim, do ponto de vista da redução líquida das emissões, traria substanciais ganhos em relação à expansão com etanol de milho (GURGEL, 2008, 418).

Hertel et al. (2008), em simulação já citada, para o ano de 2015, concluem que mantidas as políticas de estímulo (e os subsídios e barreiras tarifárias) há aumentos da área cultivada de 0,8% nos Estados Unidos, 1,9% na União Européia e 2% no Brasil, ao mesmo tempo em que as florestas plantadas são reduzidas (-3,1%, -8,3% e -5,1%, nas três áreas) e a área com pastagem se contrai (-4,9%, -9,7% e -6,3%, respectivamente). Dadas as hipóteses quanto às áreas disponíveis, os resultados seriam mais nocivos na União Européia, seguida de Brasil e Estados Unidos. Estes efeitos decorrem da expansão da área com milho e sorgo nos Estados Unidos (mas com substituição de culturas, diminuindo os impactos ambientais ao custo de diminuir a segurança alimentar), da área com oleaginosas na União Européia e da expansão da área com cana-de-açúcar no Brasil. No caso do Brasil, a expansão da área com oleaginosas (16%) e com cana-de-açúcar (3,9%) não parece justificável para



implicar em redução de 5,1% das florestas e 6,3% das pastagens. Reconhecendo que muito da área residual das propriedades é classificada no Brasil como pastagem nativa, é possível ocorrer avanço sobre essas áreas pouco utilizadas, mas, dificilmente, com essa expansão de área ocorreria avanço sobre as florestas. Este resultado deve ocorrer devido ao cenário base do modelo GTAP. Adicionalmente, a área com cana-de-açúcar tem apresentado taxa de crescimento elevada, expandindo-se pelo Cerrado (DESPLECHIN, 2008 b) e o programa de biodiesel tem utilizado soja embora tenha estabelecido como meta principal o uso da mamona produzida pela agricultura familiar em áreas semi-áridas do Nordeste.

Fargione et al. (2008) comparam diversas opções. Os piores resultados ocorrem quando há expansão por área de floresta, sendo a pior a produção de biodiesel de palma na Indonésia ou Malásia, seguida da produção de biodiesel de soja também em floresta tropical no Brasil. Nas duas opções, predomina o efeito negativo da retirada da floresta e as diferenças de fonte (óleo de palma ou de soja). Por ordem, vem a produção de etanol de milho, em área de gramíneas nos Estados Unidos. Por fim, surgem as opções de produção de biodiesel de soja e, a melhor, produção de etanol de cana-de-açúcar em áreas de Cerrado do Brasil, novamente predominando a vantagem do etanol sobre o biodiesel. Novamente, entre as opções hoje viáveis, reafirma-se a produção de etanol de cana-de-açúcar, em expansão no Cerrado, como vem ocorrendo nos últimos anos. Como já resenhado, as duas melhores opções analisadas por Fargione et al. (2008) são a produção de biomassa em áreas marginais e abandonadas, as quais são ainda pouco rentáveis com a tecnologia atual.

NELSON e ROBERTSON (2008) assumem que a expansão implica em maior intensidade de uso do solo e expansão da área, neste caso com mudança no uso do solo. Aplicam modelo de regressão no qual o uso da terra é função de

variáveis ambientais e sócio-econômicas, simulando aumentos de 25% no preço do milho e 10% no do açúcar. O aumento da área cultivada ocorre com diminuição da área com florestas, principalmente áreas ao sul do rio Amazonas, no centro da Amazônia. Como não há explicitação das hipóteses não é possível uma análise mais profunda. Encontra, o que parece óbvio, que com a mudança de uso do solo há perdas no sequestro de carbono e perda de biodiversidade por afetar áreas com concentração de aves, anfíbios e mamíferos. O questionamento não é sobre as conclusões quanto ao balanço de carbono e a biodiversidade, dado o avanço sobre a floresta amazônica, mas sobre esse avanço, resultado muito pouco provável.

GURGEL (2008) é dos poucos trabalhos que especulam sobre a expansão com uso da segunda geração de biocombustíveis. Estes biocombustíveis apresentam balanços líquidos de emissão de carbono bem superiores aos de primeira geração (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2007) assim como utilizam resíduos de culturas. Como utilizam todas as partes das plantas, não só são compatíveis com a produção de alimentos como geram quantidade de energia bem maior por área, exigindo áreas menores e diminuindo os impactos ambientais. Utilizando resultados de modelo dinâmico de equilíbrio geral (GURGEL et al. 2007) e assumindo dois cenários (desmatamento, ou seja, expansão em áreas de vegetação nativa, e intensificação, uso mais intensivo de áreas agrícolas), simulam mudanças drásticas na produção de biocombustíveis, visando substituição parcial dos combustíveis fósseis. Chega à substituição de até 27% da produção primária de energia em 2050 e até 35% em 2100. Para essa produção expandida há enorme avanço sobre as florestas naturais, com queda “quase pela metade no cenário de desmatamento” (GURGEL et al. 2007, p. 424). Este trabalho chega a conclusões muito interessantes, como uma primeira investigação exploratória. Mas

dada a magnitude das incertezas e o longo horizonte de projeção, os resultados são bastante especulativos.

## 6 CONCLUSÕES

Os biocombustíveis adquirem grande importância nos últimos vinte anos. Como fato novo, destaca-se a interligação dos mercados de energia e agrícola, tornando mais complexas as análises, pois o preço do petróleo correlaciona-se com o de etanol e este com o de milho e o de cana-de-açúcar e este com o de açúcar e quiçá com o de algumas sementes oleaginosas produtoras de biodiesel. Análises de mercados parciais que integrem os acima mencionados devem gerar resultados distorcidos.

A presença dos biocombustíveis está fortemente ligada à redução da emissão de gases de efeito estufa, sendo usados como complementares à gasolina e ao diesel. Atualmente, os biocombustíveis representam menos de 3% dos combustíveis líquidos. Ou seja, pelo menos os de tecnologia de primeira geração não têm grande perspectiva como substitutos dos combustíveis fósseis. A grande exceção é o Brasil, onde já são substitutos e podem expandir ainda mais sua participação em função dos preços do petróleo (lembrando que o Brasil também é auto suficiente em petróleo). Nos Estados Unidos, há uma meta política que pode elevar sua participação para cerca de 20% em 2022, desde que biocombustíveis de segunda geração se tornem economicamente viáveis. Quanto a outras áreas e países, as metas ainda são de expansão de demanda como complementares.

Qual o custo desta expansão é fato discutível. A elevação do preço dos alimentos, observada nos últimos sete anos, é puxada pelo aumento da demanda e alguma perturbação na oferta, sendo em muito pequena escala responsabilidade dos biocombustíveis e ainda assim quase que só nos Estados Unidos.

No entanto, mantidas as atuais políticas de estímulo e subsídios, não só se está diminuindo o potencial de redução dos gases efeito estufa (pelo uso do etanol de milho), como pode-se transmitir pressão para o preço dos alimentos pela expansão do milho nos Estados Unidos e das sementes oleaginosas na União Européia.

Finalmente, mais discutível ainda é o impacto sobre o meio ambiente. Há casos mais claros, de acordo com a literatura, como a expansão de biocombustíveis em áreas de floresta na Indonésia e Malásia e ocupando áreas de agricultura familiar, como na Tanzânia. A expansão nos Estados Unidos e na União Européia deve ocorrer com substituição de culturas, com pouco impacto do ponto de vista ambiental. O Brasil e outros países com áreas disponíveis aparentemente têm margem para ampliar a produção de biocombustíveis sem comprometer suas florestas e outros biomas com grande biodiversidade. A conclusão é de que os modelos de simulação utilizados tem como maior deficiência a dificuldade de modelagem de mudanças nas áreas utilizáveis; estas mudanças precisam ser melhor entendidas à luz das mudanças que vem ocorrendo.

## 7 REFERÊNCIAS

BANSE, M.; VAN MEIJL, H.; WOLTJER, G., (2008) **The Impacto of first and second generation biofuels on global agricultural production, trade and land use**. In 11<sup>a</sup> Conferência Anual da GTAP, Helsinki, disponível em <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3693.pdf> (acessado em 2008).

BRANDÃO, A.M.; RESENDE, G.; MARQUES, R. (2006) Crescimento agrícola no período 1999-2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente. In **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 0 (2) 249-266.

COYLE, William (2007). **The Future of Biofuels**, Amber Waves, 5(7), Novembro, ERS/USDA.

DESPLECHIN, Emmanuel (2009a) **Sugarcane in Brazil: the sustainable expansion**. Apresentação no World Biofuels Market Congress, 18 de março de 2009, disponível em <http://www.unica.com.br/> (acessado em abril 2009).

\_\_\_\_\_ (2009b) **Towards a Global Ethanol Market?** Apresentação no World Biofuels Market Congress, 18 de Março de 2009, disponível em <http://www.unica.com.br/> (acessado em abril de 2009).

DINIZ, Tiago A. (2008) A liderança do Brasil no mercado de etanol: uma análise prospectiva. In **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, p. 54-66.

ELOBEID, Amani; TOKGOZ, Simla (2008) Removing distortions in the US ethanol market: what does it imply for the United States and Brazil? In **Amerian Journal of Agricultural Economics** 90 (4): 918-932.

FAO (2008) **The State of Food in Agriculture** – biofuels: prospects, risks and opportunities. Roma: FAO,138 p.

FARGIONE, J.; HILL, J., Tilman D.; OLASKY, S.; HAWTHORNE, P (2008) Land clearing and the biofuel carbon debt. In **Science**, 319, p. 1235-1238.

GOHIN, A. (2008) Impacts of the european biofuel policy on the farm sector: a general equilibrium assessment. In **Review of Agricultural Economics**, 30(4), 623-641.

GURGEL, Ângelo (2008) Biocombustíveis: solução ou problema? In COELHO ,Alexandre Bragança; TEIXEIRA Erly Cardoso; BRAGA, Marcelo José (org). **Recursos Naturais e Crescimento Econômico**. Viçosa: Editora da UFV, 598 p.

GURGEL, A.; REILLY, J.; PALTSEV, S. (2007) Potential land use implications of a global biofuels industry. **In Journal of Agricultural & Food Industrial Organization**, 5.

HERTEL, T.W; TYNER, W.E.; BIRUR, D.K. (2008) Biofuels for All? **Understanding the global impacts of multinational mandates**. GTAP working paper 51, Global Trade Analysis Project, West Lafayette, disponível em <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3937.pdf> (acessado em abril 2009).

IEA- International Energy Agency (2008) **Key World Energy Statistics 2008**. Paris: OECD/IEA, 80 p.

IFPRI (2002) **Achieving sustainable food security for all by 2020**. IFPRI, Washington.

KEENEY, Roman; HERTEL, T.W. (2009) The Indirect Land Use Impacts of United States Biofuel Policies: the importance of acreage, yield, and bilateral trade responses. In American Journal of Agricultural Economics, 91(4), 895-909.

MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina (2008) Biocombustíveis: novos desafios por soluções do setor sucroalcooleiro nacional, p. 455-485. In COELHO ,Alexandre Bragança; TEIXEIRA Erly Cardoso; BRAGA, Marcelo José (org). **Recursos Naturais e Crescimento Econômico**. Viçosa: Editora da UFV, 598 p.

MSANGI, S.; SULSER, T.; ROSEGRANT, M.; VALMONTE-SANTOS. R. (2007). **Global Scenarios for biofuels: impacts and implications for food security and water use**. In 10<sup>a</sup> , conferência anual Global Economic Analysis, West Lafayette, disponível em <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3331.pdf> (acessado em abril 2009).

NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE (2007), **Green Dreams**, 10.

NEA (2008) **NEA Annual Report 2007**. Paris: OCDE, 48 p.

NELSON, G.; ROBERTSON, R. (2008). Green gold or green wash: environmental consequences of biofuels in the developing world. In **Review of Agricultural Economics**, 30(3), 517-529.

OCDE. (2008). **OCDE in Figures 2008**. Paris: OECD, 98 p.

PINGALI, P.; RANEY, T.; WIEBE, K. (2008). Biofuels and food security: missing the point. In **Review of Agricultural Economics**, 30(3), 506-516.

ROSEGRANT, M.; ZHU, T.; MSANGI, S.; SULSER, T. (2008). Global scenarios for biofuels: impacts and implications. In **Review of Agricultural Economics**, 30(3), 495-505.

SEARCHINGER, T. et al.. (2008) Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use changes. In **Science**, 319, p.1238-1240.

SENAUER, B. (2008). Food market effects of a global resource shift toward bioenergy. In **American Journal of Agricultural Economics**, 90(5), 1226-1232.

SHALERMANN, J. E.; LAURENCE, W. (2008) How green are biofuels? In **Science**, 319, p. 43-44.

SHELDON, I., ROBERTS, M. US comparative advantage in bioenergy: a Heckscher-Ohlin-Ricardian approach. In **American Journal of Agricultural Economics**, 90(5), 1233-1238, 2008.

SILVA JÚNIOR, Aziz G.; PEREZ, Ronaldo (2008).Sustentabilidade Económica da Produção de Biodiesel no Brasil. In COELHO ,Alexandre Bragança; TEIXEIRA Erly Cardoso; BRAGA, Marcelo José (org). **Recursos Naturais e Crescimento Econômico**. Viçosa: Editora da UFV, 598 p.

.SOUZA, Zilmar J. (2008) Mecanismo de desenvolvimento limpo e oportunidades para o Brasil: o caso da biomassa energética. In COELHO ,Alexandre Bragança; TEIXEIRA Erly Cardoso; BRAGA, Marcelo José (org). **Recursos Naturais e Crescimento Econômico**. Viçosa: Editora da UFV, 598 p.

TOKGOZ, S. et al. (2008) Bottlenecks, drought and oil price spikes: impacto n US ethanol and agricultural sectors. In **Review of Agricultural Economics**, 30(4), 604-622.

TYNER, W., TAHERIPOUR, F. (2008) Policy options for integrated energy and agricultural markets. In **Review of Agricultural Economics**, 30(3), 387-396.

VELASCO, J. (2008) Welfare economics and policy analysis of US biofuels policy: discussion. In **Review of Agricultural Economics**, 30(3), 422-424.

WILSON, W., KOO, W., DAHL, B., TAYLOR, R. (2008) Impacts of ethanol expansion on cropping patterns and grain flows. In **Review of Agricultural Economics**, 30(4), 642-663.

ZAH, R. et al. (2007) **Okobilanz von energieprodukten: okologische bewertung von biotreibstoffen**, Empa, Suíça.

ZHANG, Zibin; LOHR, Luanne; ESCALANTE, César e WERZSTEIN, Michael (2008) Mitigating volatile US gasoline prices and internalizing external costs: a win-win fuel portfolio. In **American Journal of Agricultural Economics** 90 (5): 1218-1225.