

Determinantes econômicos da produção de etanol no Brasil no período 1980–2008¹

Michele Polline Veríssimo²
Daniel Caixeta Andrade³

Resumo – Recentemente, o etanol voltou a ser considerado uma alternativa viável para diminuir a dependência da economia brasileira de combustíveis fósseis, tendência que está aliada à discussão sobre os problemas ambientais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é investigar os principais determinantes econômicos da produção de etanol no Brasil no período 1980–2008. Utilizou-se uma modelagem econométrica baseada no instrumental de Vetores Autorregressivos (VAR) para relacionar variáveis básicas do lado da oferta, como preço e produção, e variáveis do lado da demanda derivadas da expansão do mercado interno (número de automóveis bicombustíveis) e das perspectivas de demanda relacionadas ao mercado externo (exportações). Os resultados obtidos mostraram que a produção de etanol no mercado brasileiro tem sido explicada principalmente pelas variáveis relacionadas à demanda (automóveis movidos a etanol e exportações) e pelos choques do preço do petróleo (produto substituto). Destaca-se que o preço do produto tem-se mostrado menos significativo para explicar a expansão da produção do etanol no mercado brasileiro no período recente.

Palavras-chave: Brasil, cana-de-açúcar, etanol, vetores auto-regressivos.

Economic determinants of ethanol production in Brazil in the period 1980–2008

Abstract – Recently, ethanol was again considered a viable alternative to reduce Brazilian economy dependence on fossil fuels, a trend which is coupled with the discussion of environmental problems. The objective of this paper is to investigate the main economic determinants of ethanol production in Brazil in the period 1980–2008. We have used econometric modeling based on Vector Autoregressive Models (VAR) to relate the basic variables on the supply side, such as price and output, and variables derived from the demand side like the expansion of the market (number of flex-fuel cars)

¹ Original recebido em 18/1/2012 e aprovado em 26/1/2012.

² Doutora em Economia, professora da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: michele@ie.ufu.br

³ Doutor em Desenvolvimento Econômico, professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: caixetaandrade@ie.ufu.br

and the prospects for demand related to external market (exports). The results showed that ethanol production in the Brazilian market has been explained mainly by variables related to demand (cars running on ethanol and exports), followed by oil price shocks (a substitute good). Moreover, the ethanol price has been less significant in explaining the expansion of ethanol production in the Brazilian markets in recent years.

Keywords: Brazil, sugarcane, ethanol, autoregressive vectors.

Introdução

A temática sobre geração de energias alternativas vem ganhando espaço na discussão sobre a reestruturação da matriz energética nos últimos anos, principalmente tendo em vista o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e a elevação do preço internacional do petróleo. Ademais, o Brasil vem se destacando no cenário econômico mundial como o principal produtor de etanol, que é considerado fonte de energia limpa, renovável e economicamente viável. Esses fatores têm feito com que a atividade canavieira, principal matéria-prima do etanol brasileiro, apresente uma forte tendência de crescimento. No Brasil, os dados mostram que a produção de cana-de-açúcar aumentou mais de 150% entre 1990 e 2009 e que a produção de etanol ultrapassou os 27 bilhões de litros em 2009 – aumento de mais de 138% em relação a 1990.

Diante desses números, o presente trabalho tem por objetivo responder à seguinte questão: quais foram os principais determinantes econômicos da produção de etanol no Brasil no período 1980–2008? Acredita-se que tanto variáveis de oferta quanto de demanda tenham contribuído para a vertiginosa expansão da produção de etanol no Brasil naquele período, fazendo com que o país seja considerado referência deste tipo de fonte de energia.

O presente trabalho se encontra dividido em cinco seções, além desta introdução e das considerações finais. Na segunda seção, é feita uma breve exposição com informações sobre a expansão recente do mercado de cana-de-açúcar e do etanol no Brasil. Na terceira, são discutidos alguns aspectos importantes de cunho socioambiental que devem ser levados em con-

sideração no debate sobre a produção de etanol. Em seguida, são descritos os procedimentos metodológicos e as fontes de dados utilizados. Na quinta seção, são apresentados os principais resultados obtidos. Por fim, as considerações finais resumem as principais contribuições do artigo.

A produção de etanol no Brasil

Segundo Wilkinson e Herrera (2010), a produção de etanol no Brasil remonta à década de 1920, mas foi somente na década de 1970, principalmente devido às crises do petróleo, que tal produção assumiu um papel importante nas ações estratégicas da política brasileira envolvendo o tema energia. A partir de então, um mercado altamente regulado foi estabelecido (controle de preços, oferta compulsória e subsídios) com a finalidade de garantir a adoção do etanol como substituto da gasolina, reduzindo, assim, a dependência externa com relação ao petróleo, cujos preços haviam sofrido um aumento significativo.

Apesar do alvoroço inicial e do sucesso relativo dos esforços empreendidos (vide o Programa Pró-Álcool, lançado em 1975), pode-se dizer que este primeiro *momentum* de grande interesse pelo etanol como alternativa energética viável foi fugaz. Alguns autores apontam que, embora na década de 1980 a maior parte das novas vendas de automóveis era daqueles integralmente movidos a etanol, na década de 1990, o Brasil foi forçado a importar o produto dos Estados Unidos para manter a mistura na gasolina (FURTADO; SCANDIFFIO, 2007).

Recentemente, o interesse pelo etanol foi restabelecido. A partir da primeira década do século 21, o etanol voltou a ser considerado

uma alternativa viável para diminuir a dependência da economia brasileira com relação aos combustíveis fósseis. Dentre outros, contribuem para esse *revival* do etanol os seguintes fatores: *i)* a instabilidade do mercado internacional do petróleo, cujos preços recorrentemente atingem patamares considerados altos para a viabilidade econômica das atividades que dele dependem; *ii)* as preocupações de ordem ambiental referentes à poluição causada pela utilização dos combustíveis fósseis, que, por sua vez, é considerada a principal causa do efeito estufa e, por consequência, do aquecimento global; *iii)* as inovações no mercado brasileiro, com a introdução dos chamados carros *flex* (*flex-fuel cars*), os quais permitem aos consumidores a escolha de qual combustível utilizar – etanol ou gasolina ou qualquer mistura dos dois, dependendo da evolução dos seus preços relativos – no momento do abastecimento e não no momento da compra do automóvel.⁴ Esses fatores, as características edafoclimáticas favoráveis à produção de cana-de-açúcar, principal matéria-prima do produto, aliados ao desenvolvimento da indústria sucroalcooleira nacional, que pode ser apontada como referência nos aspectos tecnológicos e de gestão do negócio, explicam a atual grande agitação em torno da produção de etanol no Brasil.

O resultado mais visível do aumento da produção de etanol é a expansão de áreas destinadas ao plantio da cana-de-açúcar. Esta cultura está sendo introduzida em áreas que anteriormente não possuíam tradição nesse cultivo, o que vem desencadeando uma série de debates sobre os efeitos de transbordamento causados pelas novas tendências na dinâmica de ocupação das terras nas diversas regiões do Brasil em função da atratividade da produção de etanol.⁵ Para ilustrar, a Figura 1 mostra a evolução da área colhida de cana-de-açúcar no Brasil no período 1990–2009, de aproximadamente 4,2

milhões de hectares (ha) em 1990 para cerca de 8,5 milhões de ha em 2009.

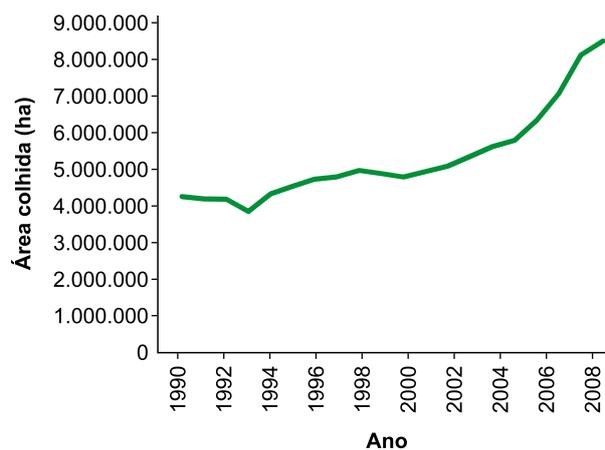


Figura 1. Evolução da área colhida (ha) de cana-de-açúcar no Brasil (1990–2009).

Fonte: Ipeadata (2011).

Evidentemente, o aumento da área colhida leva também ao aumento da produção. De acordo com dados do IPEADATA, em 1990 o Brasil produziu cerca de 262,6 milhões de toneladas (t) de cana-de-açúcar e, em 2009, a produção superou 672 milhões de toneladas. Desses números, pode-se dizer que a produtividade saltou de algo em torno de 61,48 t/ha para 78,86 t/ha, desconsiderando as especificidades das diversas regiões produtoras.

Com relação à evolução dos preços recebidos pelos produtores (Figura 2), a análise das médias anuais dos preços recebidos pelo produtor (calculadas através dos preços mensais fornecidos pelo IPEADATA) permite dizer que a mesma trajetória ascendente também se aplica a esta variável, embora se possa perceber pequenas oscilações em alguns anos. É importante

⁴ Conforme dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2010), do total de veículos licenciados em 2009, 92,28% eram de veículos *flex-fuel*.

⁵ Um grande debate envolvendo a produção de biocombustíveis é o potencial conflito com a produção de alimentos. Em outras palavras, argumenta-se que há um *trade-off* entre biocombustíveis e segurança alimentar, o que vem gerando uma intensa discussão que foge ao escopo deste trabalho. Para uma análise dos principais elementos subjacentes a esse debate, ver Ajanovic (2011) e Mata et al. (2009).

ressaltar que o preço recebido pelos produtores por tonelada de cana-de-açúcar ultrapassou os R\$ 40,00 nos dois primeiros meses de 2011, o que explica o contexto de alta nos preços do etanol no período, fazendo com que este seja frequentemente preterido pelo uso da gasolina em diversas regiões brasileiras.⁶

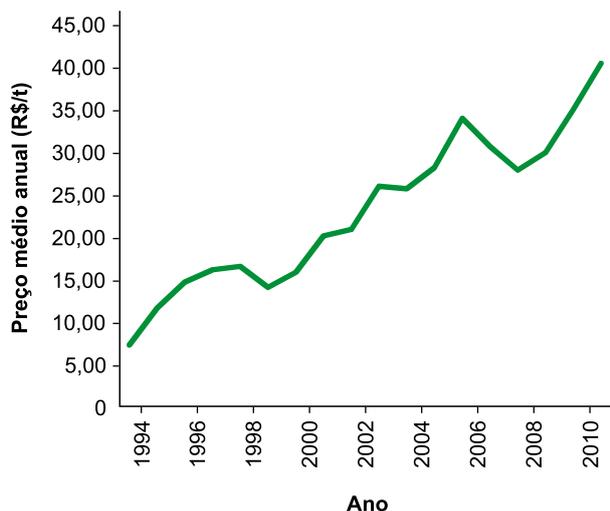


Figura 2. Evolução do preço médio anual da cana-de-açúcar (R\$/t) no Brasil (1994–2011).⁷

Fonte: Ipeadata (2011).

Já com relação à produção de etanol e seu preço, as Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a evolução dessas duas variáveis. No tocante à produção, percebe-se um aumento significativo, já que seus valores foram de cerca de 11,5 bilhões de litros na safra de 1990–1991 e 27,5 bilhões de litros em 2008–2009, um aumento de aproximadamente 139,13%. Já com relação ao preço do etanol, pago pelo consumidor, percebe-se uma trajetória ascendente, porém com variações. É importante lembrar que a variável preço aqui retratada refere-se ao preço médio pago pelo consumidor, não refletindo, portanto, a variabilidade de preços existente entre os estados produtores e não produtores.

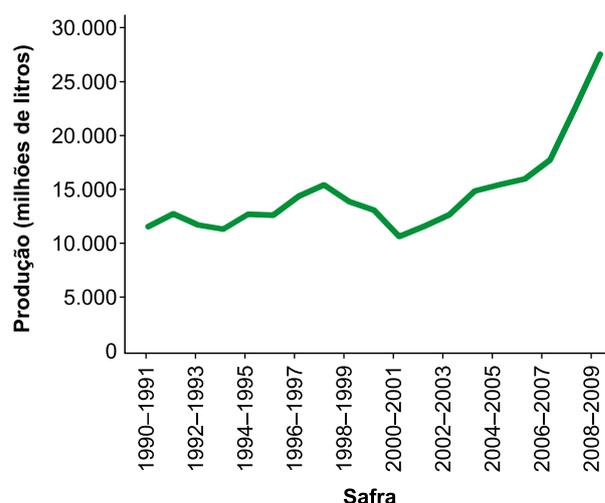


Figura 3. Evolução da produção de etanol (anidro + hidratado) em milhões de litros no Brasil (1990–1991 a 2008–2009).

Fonte: Unica (2011).

Já com relação ao mercado externo, a demanda também apresenta uma tendência ascendente, tanto no que diz respeito ao álcool industrial, matéria-prima para empresas inseridas no segmento de bebidas, cosméticos, farmacêuticas, tintas, entre outras, como para o álcool carburante utilizado em automóveis. O produto brasileiro representa cerca de 50% do mercado internacional, e 25% desse montante relaciona-se ao álcool combustível (BACCHI, 2006). O rápido crescimento da produção e da exportação, principalmente no que diz respeito ao etanol, deve-se não somente a fatores econômicos *stricto sensu*, mas também às pressões derivadas de questões ambientais, já que os biocombustíveis possuem a característica de emitir menor quantidade de CO₂ em sua queima, o que contribui para a redução do aquecimento global.

O açúcar, outro produto de grande importância na agroindústria canavieira brasileira e concorrente direto na produção de etanol, apresenta baixo crescimento em sua demanda

⁶ De acordo com os pesquisadores Luciano Losekann e Gustavo Rabello de Castro, do grupo de estudos em Economia da Energia do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o surgimento dos *flex-fuels cars* fez com que a demanda de etanol e gasolina se tornasse mais volátil, sendo que o fator preponderante na escolha dos combustíveis é o seu preço relativo. Segundo os pesquisadores, 0,70 é a razão entre preço do etanol e gasolina que determina o nível de escolha dos consumidores. Para mais detalhes ver: <<http://www.ambienteenergia.com.br/>>.

⁷ Preços médios recebidos pelo produtor. Para o ano de 2011, a média anual refere-se apenas aos meses de janeiro e fevereiro.

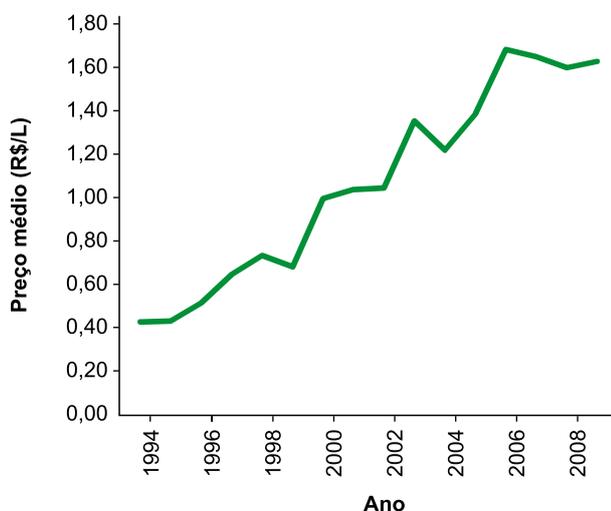


Figura 4. Evolução do preço médio do etanol pago pelo consumidor (R\$/L) no Brasil (1994–2009).

Fonte: ANP (2011) e Ipeadata (2011).

no mercado interno, pois a população já apresenta um alto consumo *per capita* do produto e um aumento de renda não se reflete de forma proporcional na demanda de açúcar. Outro fato que influencia de forma negativa o aumento do consumo desse produto diz respeito a questões de estética e saúde da população, que atualmente manifesta uma preferência por produtos *light* e *diet*.

Em relação ao mercado externo de açúcar, as condições são bastante favoráveis, pois existe um crescimento do consumo mundial em taxas maiores que a oferta, o que aumenta seu preço neste mercado. Outro fator que mantém os preços do produto acima da média histórica é a expectativa de um grande aumento na demanda por carros bicompostíveis, o que levaria a um redirecionamento da matéria-prima utilizada na produção de açúcar para a produção de etanol. As exportações de açúcar estão crescendo também por causa da diminuição das exportações do produto por parte da União Europeia, a qual perdeu parte dos subsídios ao produto por imposição da OMC (Organização Mundial de Comércio), o que torna o Brasil proprietário de 40% do mercado internacional do produto (BACCHI, 2006).

Na Tabela 1, observa-se que as exportações brasileiras, tanto de açúcar como de etanol, apresentaram um elevado ritmo de crescimento, principalmente considerando dados relativos a partir do ano 2000. Além do aumento nas exportações desses subprodutos da cana-de-açúcar, nota-se ainda que os preços também subiram (salvo algumas oscilações), com o etanol apresentando na safra 2000–2001 um preço médio de US\$ 199,45 por metro cúbico, chegando à safra 2008–2009 com o valor de US\$ 473,09 por metro cúbico. O açúcar também apresentou um cenário favorável, apresentando uma variação de preço de US\$ 199,84 por tonelada na safra 2000–2001 para US\$ 288,95 por tonelada na safra 2008–2009.

As perspectivas de aumento dos níveis de exportações brasileiras relacionadas ao etanol podem ser explicadas analisando-se as Figuras 5 e 6, as quais apresentam a projeção da produção e da demanda desse produto por parte da União Europeia e dos Estados Unidos, respectivamente.

De acordo com tais projeções, estes países não conseguirão atingir a produção necessária para suprir suas próprias necessidades, o que abre um amplo e promissor mercado consumidor para o etanol brasileiro. Para se ter uma ideia de tamanha oportunidade, as perspectivas sugerem que a União Europeia precisará importar cerca de 6 bilhões de litros de etanol no ano de 2030 e os norte-americanos terão que adquirir fora de seu território algo em torno de 10 bilhões de litros de etanol no ano em questão (CARVALHO, 2007a).

As informações anteriores comprovam o fato de que, no Brasil, a agroindústria canavieira está atravessando um período de contínua expansão e com ótimas perspectivas futuras, tanto no que diz respeito ao número de indústrias canavieiras quanto à extensão da área plantada de cana-de-açúcar, tornando o país um dos principais produtores dos derivados dessa cultura.

Há alguns séculos, o plantio de cana-de-açúcar se concentrava nos estados que ocupam a região Nordeste do País. Mas, com o passar

Tabela 1. Exportações brasileiras de etanol e açúcar (2000–2001 a 2008–2009)

Safr	Etanol		Açúcar	
	Volume (milhões litros)	Preço médio (US\$/m ³)	Quantidade (milhões toneladas)	Preço médio (US\$/t)
2000–2001	93,99	199,45	6,95	199,84
2001–2002	516,53	257,03	11,04	199,08
2002–2003	817,60	204,98	15,43	136,75
2003–2004	956,11	211,52	14,05	161,41
2004–2005	2.478,23	218,66	16,59	176,26
2005–2006	2.615,62	308,68	17,60	233,45
2006–2007	3.691,61	485,28	19,60	328,31
2007–2008	3.624,83	411,24	18,61	256,08
2008–2009	4.721,9	473,09	20,79	288,95

Fonte: Unica (2011).

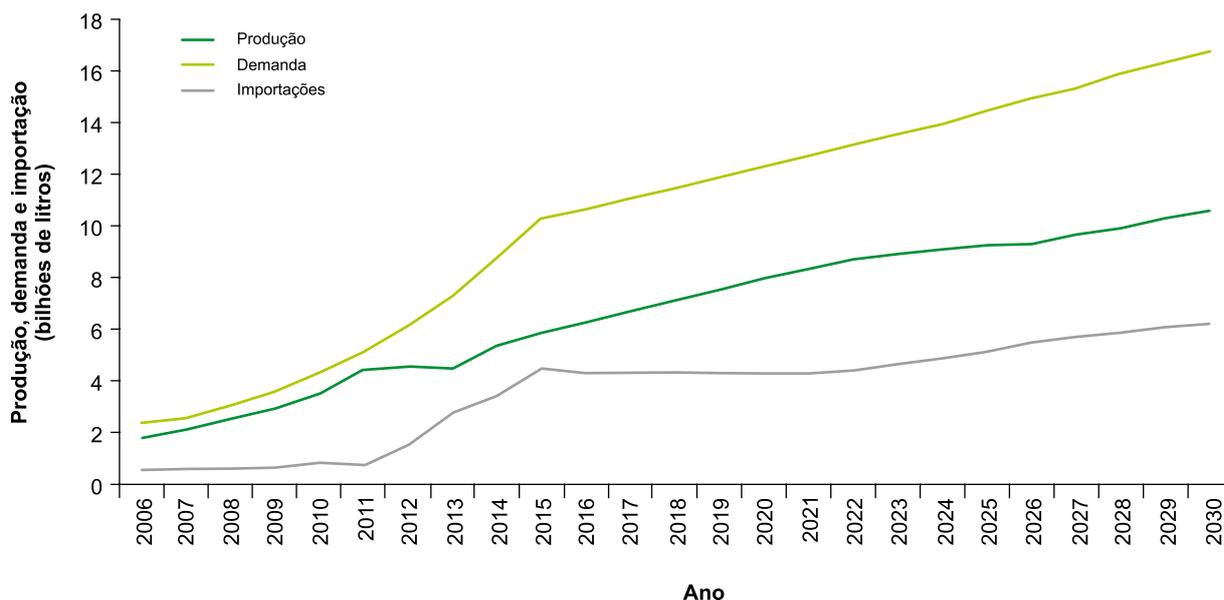


Figura 5. Projeção da oferta e demanda de etanol da União Europeia (bilhões de litros).

Fonte: Carvalho (2007a).

dos anos, outras regiões brasileiras também passaram a produzir a cana-de-açúcar, a qual se encontra, nos dias de hoje, espalhada em vários pontos do território nacional (Figura 7), embora alguns estados brasileiros – São Paulo, por

exemplo – detenham a maior parte da produção nacional. Tomando-se por base a safra 2008–2009 (cerca de 569,06 milhões de toneladas), 88,74% foram produzidos na região Centro-Sul e o restante (11,26%) na região Norte-Nordeste.

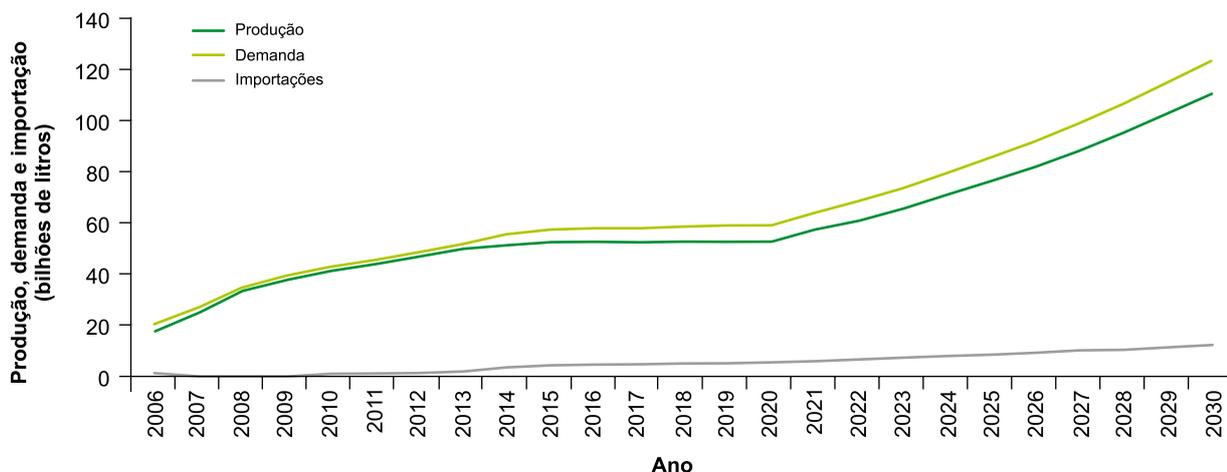


Figura 6. Projeção da oferta e demanda de etanol dos EUA (bilhões de litros).

Fonte: Carvalho (2007a).

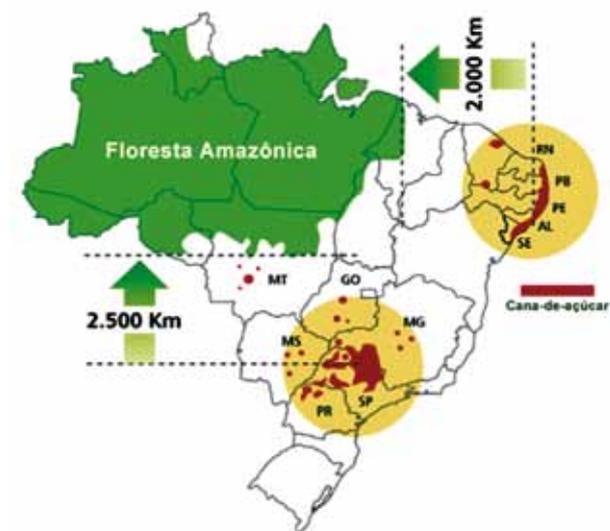


Figura 7. Distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Brasil.

Os quatro estados com maior produção na referida safra foram: São Paulo (60,85%), Paraná (7,88%), Minas Gerais (7,47%) e Goiás (5,18%).

Com relação à produção de etanol (anidro + hidratado), observa-se uma distribuição bastante semelhante. Para a safra 2008–2009 (cerca de 27,5 bilhões de litros), 91,24% foram produzidos na região Centro-Sul e o restante (8,76%) foi produzido na região Norte-Nordeste. Os quatro estados com maior produção na referida safra fo-

ram: São Paulo (60,78%), Minas Gerais (7,88%), Paraná (7,45%) e Goiás (6,27%).

Aspectos socioambientais

Diante da grande expansão da agricultura canieira verificada no território brasileiro nos últimos anos em relação ao tamanho da área plantada, à quantidade de usinas que estão sendo construídas, à mecanização crescente do trabalho no campo, bem como analisando a geração de energia através dos resíduos desta matéria-prima, pode-se ressaltar vários aspectos positivos e negativos da expansão canieira no âmbito socioambiental.

Ao se analisar o assunto tendo por base uma perspectiva positiva, pode-se destacar como aspectos relevantes o atendimento da necessidade nacional de geração de energia a partir de novas fontes energéticas; a produção de energia elétrica com tecnologia de fonte renovável; a produção de energia elétrica, principalmente na época de menor pluviosidade, que coincide com a safra sucroalcooleira; o ganho de competitividade no setor sucroalcooleiro mundial; a utilização de tecnologia totalmente nacional; a elevação do emprego gerado no setor; e a ampliação das possibilidades de desenvolvimento local (ORTEGA FILHO, 2003).

No entanto, o significativo crescimento do setor também tem consequências negativas, e, dentre elas, é possível ressaltar: a concentração da terra nas mãos de grandes usineiros; o arrendamento de terras dos camponeses e dos médios produtores rurais; a pressão sobre o aumento do preço da terra; a superexploração dos assalariados temporários, pois na década de 1980 a média de produtividade exigida era de 5 a 8 toneladas de cana cortada por dia, e, atualmente, essa média gira em torno de 12 a 17 toneladas, um número bastante elevado mesmo levando-se em consideração as melhorias nas condições de trabalho através do uso de equipamentos de segurança e maquinário mais seguro. Também cabe ressaltar o processo contraditório de criação de emprego pela expansão da área plantada, em que a legislação ambiental de diversos estados, principalmente de São Paulo, incentiva a mecanização da colheita da cana-de-açúcar a fim de se eliminar o processo de colheita manual por meio de queimadas. Assim, verifica-se uma busca de trabalhadores mais qualificados para operar os equipamentos sofisticados e a destruição de postos de trabalho pela mecanização da colheita da cana, já que se supõe que cada colheitadeira de cana poderá substituir de 80 a 120 trabalhadores. Acredita-se que esses trabalhadores dificilmente conseguirão se adaptar em outro tipo de emprego, pois em sua maioria não possuem qualificação suficiente para entrar no mercado de trabalho mais avançado (CARVALHO, 2007b; PALETTA, 2004; RODRIGUES; ORTIZ, 2006).

Em termos ambientais, como impactos negativos do crescimento da agricultura canavieira, verifica-se a contaminação das águas e do solo pelos agrotóxicos e herbicidas, bem como a saturação dos solos pelos fertilizantes nitrogenados. Aqui vale ressaltar que o óxido nitroso (N_2O) é 310 vezes mais poluente que o dióxido de car-

bono (CO_2) (CARVALHO, 2007b). Há também o problema da biodiversidade, pois, com a introdução da cultura da cana-de-açúcar, reduz-se de maneira preocupante a biodiversidade dos ecossistemas, responsável pela geração de uma gama de benefícios úteis direta e indiretamente ao ser humano.⁸ Além disso, destacam-se os efeitos nocivos em termos de poluição ambiental e danos à saúde humana causados pelas queimadas e pelo acúmulo de fuligem nos centros urbanos próximos às grandes usinas sucroalcooleiras.

A observação desses aspectos sugere que o aumento na produção de açúcar, etanol e a co-geração de energia elétrica poderão contribuir de forma massiva para o desenvolvimento da economia brasileira. Porém, é necessário cautela e atenção ao abordar os diversos lados dessa questão, pois, dependendo das proporções atingidas, e sem um posicionamento mais efetivo das autoridades governamentais sobre o desenvolvimento de políticas públicas de qualificação e de inserção da mão de obra em outros mercados, evitando a aglomeração dessa força de trabalho nos centros urbanos, essa fonte de riqueza econômica é passível de se transformar em pesado ônus socioambiental.

Considerando apenas a questão ambiental, pode-se dizer que o grande atrativo do etanol é a possibilidade de se reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Szwarc (2008) afirma que, em termos globais, a fonte de emissão de tais gases com maior crescimento são os veículos automotivos, uma vez que a fonte energética majoritariamente utilizada para a indústria de transporte são os derivados de petróleo, cuja queima provoca liberação de GEE. Se o etanol permite uma maior autonomia em termos de combustíveis fósseis, é evidente que aí se tem um grande potencial para redução das emissões.⁹

⁸ Na literatura especializada, tais benefícios são conhecidos como serviços ecossistêmicos, os quais provêm das complexas relações entre os componentes bióticos e abióticos do capital natural. A biodiversidade é o principal suporte para a geração dos serviços ecossistêmicos e sua perda constitui ameaça aos fluxos de benefícios da natureza e, em última instância, ao bem-estar humano (NAEEM et al., 1999).

⁹ Ainda de acordo com Szwarc (2008), as principais estratégias sob discussão para a redução de emissões de GEE provenientes da indústria de transporte rodoviário são: *i*) redução do consumo dos derivados de petróleo através de políticas e ações que levem à sua utilização mais eficiente; *ii*) aumento da eficiência energética do automóvel; *iii*) substituição dos derivados de petróleo por biocombustíveis e biodiesel, produzidos em situações de baixas emissões; *iv*) uso mais intenso de transporte coletivo; *v*) aplicação e desenvolvimento de outras inovações tecnológicas (células de hidrogênio, por exemplo).

Sendo produzido exclusivamente da cana-de-açúcar, o etanol brasileiro representa uma das alternativas com melhor relação custo-benefício para a redução de CO₂. Se comparado a outros produtos similares produzidos a partir de diferentes matérias-primas, o etanol aqui produzido apresenta a maior redução de GEE ao longo de seu ciclo de vida (cerca de 90%) e o menor custo por tonelada métrica, excluindo-se o custo da tonelada-equivalente de CO₂. Além disso, o etanol possui um balanço de carbono neutro, uma vez que a absorção de CO₂ via fotossíntese durante a produção de cana-de-açúcar se iguala à quantidade gerada durante a produção de etanol e seu ciclo de vida (SZWARC, 2008).

Metodologia e fonte de dados

Este trabalho deseja investigar os principais fatores que explicam a expansão recente do mercado alcooleiro no Brasil. Para isso, utiliza-se de modelagem econométrica que buscará relacionar variáveis básicas de oferta, como preço e produção, e variáveis de demanda, derivadas da expansão do mercado interno (número de automóveis bicomustíveis) e das perspectivas de demanda relacionadas ao mercado externo (exportações).

Será feito uso do instrumental econométrico de Vetores Autorregressivos (VAR). A metodologia VAR é comumente utilizada para a construção de sistemas de previsão de séries temporais inter-relacionadas e para a análise dos impactos dinâmicos dos distúrbios aleatórios sobre o sistema de variáveis que compõem o modelo. Para isso, a metodologia VAR trata todas as variáveis pertencentes ao modelo como endógenas, formando um sistema de equações estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), em que o valor de cada variável é expresso como uma função linear dos valores defasados dela mesma e de todas as outras variáveis incluídas no modelo. Este tipo de instrumento é útil para analisar modelos em que não seja necessário separar *a priori* as variáveis dependentes das independentes.

Desse modo, este trabalho se baseia na construção de um modelo com a seguinte especificação:

Modelo VAR: *QALC*, *PALC*, *PPET*, *QAUT*, *XALC*.

Sendo:

QALC = Quantidade produzida de álcool (em mil metros cúbicos).

PALC = Preço do álcool (em R\$/metro cúbico).

PPET = Preço do petróleo e derivados (índice janeiro 2000 = 100).

QAUT = Quantidade de automóveis movidos a álcool – incluindo os bicomustíveis a partir de 2003 (em unidades).

XALC = Exportações de álcool (em milhões de litros).

O modelo estimado envolve dados referentes à economia brasileira para o período de 1980 a 2008 obtidos a partir das seguintes fontes: Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada (IPEADATA), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério de Minas e Energia (MME), União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) e Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA).

O modelo tem sua especificação fundamentada na análise microeconômica, uma vez que a quantidade de álcool (etanol) produzida (oferta) depende de variáveis como o preço do produto, preço de produtos substitutos (petróleo), além de outros fatores relacionados ao lado da demanda interna, como a quantidade de automóveis produzidos que utilizam o etanol como combustível (incluindo os bicomustíveis), e de demanda externa, expressa pelas exportações do produto.

A partir do modelo VAR, pretende-se utilizar o instrumental de Análise de Decomposição de Variância (ADV). A ADV informa a proporção (em %) dos movimentos de uma variável que é

devida aos seus próprios choques e aos choques dos erros de previsão das outras variáveis do VAR. Sendo assim, o objetivo principal da ADV é captar as participações relativas dos choques de cada variável inserida no modelo para a explicação da variação da produção brasileira de etanol.

Em adição, serão estimadas as Funções de Resposta aos Impulsos (FIR). As FIR traçam o efeito de um choque no tempo t dos termos de erro de uma variável particular sobre os valores correntes e futuros das variáveis do VAR, mantendo-se todos os outros choques constantes, tendo em vista que um choque para uma variável y_t qualquer afeta essa mesma variável e é transmitido para todas as variáveis endógenas através da estrutura dinâmica do VAR. Neste caso, o objetivo é tentar captar a direção (positiva ou negativa) das alterações (choques) em uma variável sobre as demais variáveis do VAR.

Por último, a fim de se verificar quão úteis algumas variáveis são para a previsão de outras variáveis, pretende-se realizar o Teste de Causalidade de Granger. Esse teste examina se os valores defasados de uma variável y qualquer ajudam a prever a variável x , condicional ao uso dos valores defasados de todas as variáveis, exceto y (GUJARATI, 2006). Nesse caso, o objetivo da estimação do Teste de Causalidade de Granger é verificar a ocorrência de uma relação de precedência temporal entre as variáveis que compõem o mercado alcooleiro no Brasil.

Resultados

As estimações econométricas envolveram inicialmente a realização de procedimentos básicos, como a aplicação dos testes de estacionariedade das séries temporais e a escolha das defasagens do modelo VAR.

Os testes de estacionariedade de séries temporais são necessários para verificar se as

séries não apresentam raiz unitária, ou seja, se as séries apresentam características constantes ao longo do tempo, tendo comportamento reversível à média de longo prazo. Neste sentido, as previsões de longo prazo sobre as séries estacionárias convergirão para o nível médio, e essas séries poderão ser utilizadas para realizar previsão econômica.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes de estacionariedade ADF (*Augmented Dickey-Fuller*), que comumente é o mais utilizado para a análise de raiz unitária em séries temporais. Os resultados dos testes ADF indicaram que as variáveis produção de etanol (QALC), preço do etanol (PALC), preço do petróleo (PPET) e quantidade de automóveis movidos a etanol (QAUT) são estacionárias quando tomadas em primeira diferença; portanto, são integradas de ordem 1. De outro lado, a variável exportações de etanol (XALC) só se torna estacionária quando tomada em segunda diferença e, por isso, é dita integrada de ordem 2. No entanto, o teste de raiz unitária de Phillips-Perron indica que esta última variável pode ser considerada estacionária em primeira diferença, pois, nesta situação, a estatística de Phillips-Perron obtida é $-3,870246$, sendo maior do que o valor crítico de $-2,653401$ ao nível de 1% de significância estatística. Portanto, optou-se por considerar todas as variáveis que compõem o modelo em primeira diferença.¹⁰

Em seguida, procedeu-se à escolha da ordem do VAR, isto é, do número de defasagens a serem inseridas no modelo. A escolha do VAR com o número de defasagens mais adequado se baseia em alguns critérios de informação, cujos resultados são mostrados na Tabela 3.

Conforme a metodologia VAR, o sistema mais adequado para representar o modelo é aquele que apresenta os menores valores para os critérios de informação. Portanto, os resultados da Tabela 3 indicam que o modelo VAR mais adequado para a análise proposta envolve uma defasagem, chamado VAR (1), pois é o sistema

¹⁰ O teste de raiz unitária de Phillips-Perron foi realizado para todas as variáveis em questão, e os resultados confirmaram a ordem de integração apontada pelos testes ADF, divergindo apenas quanto à variável XALC. Optou-se por não apresentar os resultados do teste, podendo tais resultados ser solicitados diretamente aos autores.

Tabela 2. Resultados do teste de estacionariedade ADF.

Variável	Constante	Tendência	Defasagem	t-ADF	Valores críticos		Prob.
					1%	5%	
QALC	Não	Não	0	2,895678	-2,650145	-1,953381	0,9984
DQALC	Não	Não	0	-2,325276	-2,653401	-1,953858	0,0219
PALC	Não	Não	0	1,901572	-2,650145	-1,953381	0,9838
DPALC	Sim	Não	0	-6,195206	-3,699871	-2,976263	0,0000
PPET	Não	Não	0	2,920860	-2,650145	-1,953381	0,9985
DPPET	Sim	Sim	0	-3,925915	-4,339330	-3,587527	0,0248
QAUT	Não	Não	1	0,316950	-2,653401	-1,953858	0,7699
DQAUT	Não	Não	0	-2,010698	-2,653401	-1,953858	0,0443
XALC	Não	Não	1	5,258416	-2,653401	-1,953858	1,0000
DXALC	Não	Não	0	-0,233735	-2,656915	-1,954414	0,5923
DDXALC	Não	Não	0	-13,53548	-2,656915	-1,954414	0,0000

D indica variável em primeira diferença.

DD indica variável em segunda diferença.

Tabela 3. Seleção do VAR.

Sistemas	Defasagens	Log-likelihood	Schwarz (SC)	Akaike Criteria Information (AIC)
Sistema 01	03	-941,5898	85,62758	81,72718
Sistema 02	02	-1.007,147	84,36501	81,70365
Sistema 03	01	-1.065,490	82,58726	81,14744

que apresenta os menores valores para os critérios de informação Log-likelihood, Schwarz e Akaike.

Sabendo-se que os resultados da ADV se mostram sensíveis ao ordenamento das variáveis inseridas no modelo, foi realizado o teste de causalidade e exogeneidade de Granger/Block a fim de se obter uma ordenação estatisticamente consistente em termos de exogeneidade das variáveis do VAR. Esse teste calcula a sig-

nificância conjunta de cada variável endógena defasada para cada equação do VAR, além de fornecer a significância conjunta de todas as variáveis endógenas defasadas para cada uma das equações. Portanto, efetua-se uma ordenação das variáveis do VAR com base na estatística qui-quadrado (χ^2), em que as variáveis mais exógenas possuem menores valores da estatística χ^2 , enquanto as variáveis mais endógenas possuem valores maiores.

A Tabela 4 sistematiza os resultados do teste de causalidade e exogeneidade de Granger/Block. Assim, a variável mais exógena do VAR estimado é o preço do etanol (DPALC), seguida pela quantidade produzida do bem (DQALC), preço do petróleo (DPPET), exportações de etanol (DXALC) e quantidade de automóveis movidos a etanol (DQAUT). Assim, tem-se a seguinte ordenação das variáveis no VAR (para efeitos da decomposição de Cholesky): DQAUT, DXALC, DPPET, DQALC, DPALC (das mais endógenas para as mais exógenas).

Com base na seleção do VAR e na ordenação das variáveis conforme o teste de causalidade Granger/Block e exogeneidade Wald, procedeu-se à estimação da Análise de Decomposição de Variância (ADV), cujos resultados estão apresentados na Tabela 5.

Os resultados sugerem que os choques das exportações explicam 31,4% da variação da quantidade produzida de etanol no Brasil, enquanto as mudanças na quantidade demandada de automóveis que utilizam este combustível e as variações do preço do petróleo explicam, respectivamente, 16,23% e 13,92% do aumento da produção brasileira de etanol no período analisado. Cerca de 38% dos movimentos da produção de etanol são explicados por choques inerentes à própria produção do produto, que

representam os efeitos de outras variáveis que não foram incluídas no modelo. Observa-se que as mudanças do preço do produto foram pouco importantes para explicar o comportamento da produção no período (0,45%).

Por sua vez, nota-se que as variáveis mais importantes para explicar o comportamento do preço do etanol foram as exportações (14,9%), a produção do bem (7,63%) e a demanda de automóveis movidos a etanol (4,91%). A variação do preço do petróleo mostrou-se menos relevante, explicando apenas 3,5% das alterações do preço do etanol.

As variações das exportações de etanol no período estão associadas principalmente aos choques da demanda por automóveis que utilizam o combustível (14,44%), às mudanças no preço do petróleo (13,38%) e da produção do bem (10,2%).

Pode-se verificar que as exportações do etanol explicam 49,15% das variações no preço do petróleo, enquanto a demanda de automóveis movidos a etanol e a quantidade produzida deste produto explicam, respectivamente, 17,12% e 8,82% das alterações de preço do petróleo.

Cabe ressaltar que o comportamento da demanda de automóveis movidos a etanol, incluindo os *flex-fuel* a partir de 2003, pode ser

Tabela 4. Testes de causalidade Granger/Block e exogeneidade Wald.

	DQALC	DPALC	DPPET	DQAUT	DXALC
	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
DQALC		2,126920	0,011212	2,863283	2,403526
DPALC	0,199992		0,587392	0,201124	0,523860
DPPET	0,085461	2,295392		6,208160	1,435696
DQAUT	3,054298	0,109515	3,560342		2,872274
DXALC	1,090632	0,022645	0,961307	2,877150	1
Total	8,173038	5,178260	9,807021	17,51051	15,77881
Ranking ⁽¹⁾	2º	1º	3º	5º	4º

⁽¹⁾ O ranking de exogeneidade segue uma ordem crescente (1º = mais exógeno).

Tabela 5. Resultados da ADV.

Decomposição de Variância de DQAUT:						
Período	S.E.	DQAUT	DXALC	DPPET	DQALC	DPALC
1	139.893,1	100,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	322.433,2	32,71176	41,83423	15,89456	9,353435	0,206013
10	480.561,3	26,13388	45,35586	17,37817	10,97857	0,153518
Decomposição de Variância de DXALC:						
Período	S.E.	DQAUT	DXALC	DPPET	DQALC	DPALC
1	385,9184	3,355659	96,64434	0,000000	0,000000	0,000000
5	559,3103	10,24763	70,14357	9,603351	8,439831	1,565611
10	724,2683	14,44484	60,96491	13,38088	10,20485	1,004520
Decomposição de Variância de DPPET:						
Período	S.E.	DQAUT	DXALC	DPPET	DQALC	DPALC
1	33,37158	2,766147	52,00957	45,22428	0,000000	0,000000
5	50,43932	14,06421	49,81768	28,78452	6,011246	1,322338
10	68,25686	17,12177	49,15127	24,12655	8,830236	0,770174
Decomposição de Variância de DQALC:						
Período	S.E.	DQAUT	DXALC	DPPET	DQALC	DPALC
1	1.538,473	0,196034	0,007828	5,738326	94,05781	0,000000
5	2.102,382	12,78148	18,56789	10,48225	57,44960	0,718782
10	2.784,428	16,23171	31,39595	13,92598	37,99134	0,455022
Decomposição de Variância de DPALC:						
Período	S.E.	DQAUT	DXALC	DPPET	DQALC	DPALC
1	126,7637	4,963051	3,083671	0,020269	1,840631	90,09238
5	148,8665	4,196104	13,38651	2,834971	7,434880	72,14754
10	152,1789	4,912851	14,90233	3,505090	7,634294	69,04544
Cholesky Ordering: DQAUT DXALC DPPET DQALC DPALC						

explicado em 45,35% pelos choques das exportações do produto. Além disso, a demanda por este tipo de automóvel é influenciada, em 17,37%, pelo movimento do preço do petróleo e, em quase 11%, pelo aumento da oferta de etanol no período, o que revela a importância do combustível como um substituto da gasolina.

A FIR traça o efeito de um choque no tempo t dos termos de erro de uma variável particular sobre os valores correntes e futuros das variáveis do VAR. No trabalho, optou-se por estimar a *Generalized Impulse-Response Function* (GIR), tendo em vista que, neste caso, os resultados não são afetados pela ordem das variáveis inseridas no VAR.

A Figura 8 apresenta os resultados das GIR.¹¹ As evidências revelam que a quantidade produzida de etanol responde positivamente aos choques das exportações do produto, com efeitos mais duradouros no tempo. Além disso, os choques da demanda de automóveis movidos a etanol e o preço do produto também exercem impactos positivos sobre a quantidade produzida do bem no curto prazo (lei da oferta: preço mais alto estimula o aumento da quantidade produzida do bem). Já a resposta da produção de etanol às mudanças do preço do petróleo é positiva e duradoura, mas esse efeito é percebido após alguma defasagem temporal.

Os choques do preço do petróleo das exportações de etanol e da demanda de automóveis movidos por esse combustível também afetam positivamente o preço do produto a curto prazo, enquanto o aumento da oferta de etanol tende a determinar uma resposta imediata ne-

gativa (redução) dos preços do produto, o que segue a lei do mercado (de acordo com a demanda, o aumento da oferta tende a diminuir o preço). Porém, a partir do segundo período, os preços passam a responder de maneira positiva ao aumento da oferta do produto.

Cabe destacar que as exportações de etanol respondem de forma positiva, a curto prazo, às variações de preço e da quantidade produzida, indicando uma saída para o excesso de produto via mercado internacional. Por sua vez, as exportações respondem inicialmente de forma negativa aos choques do preço do petróleo, mas passam a aumentar a partir do segundo período, o que sugere que a elevação do preço do petróleo provoca maior demanda externa por etanol, mas com alguma defasagem temporal. Finalmente, cabe assinalar que as exportações de etanol parecem não responder às variações das vendas de automóveis movidos a etanol, isto

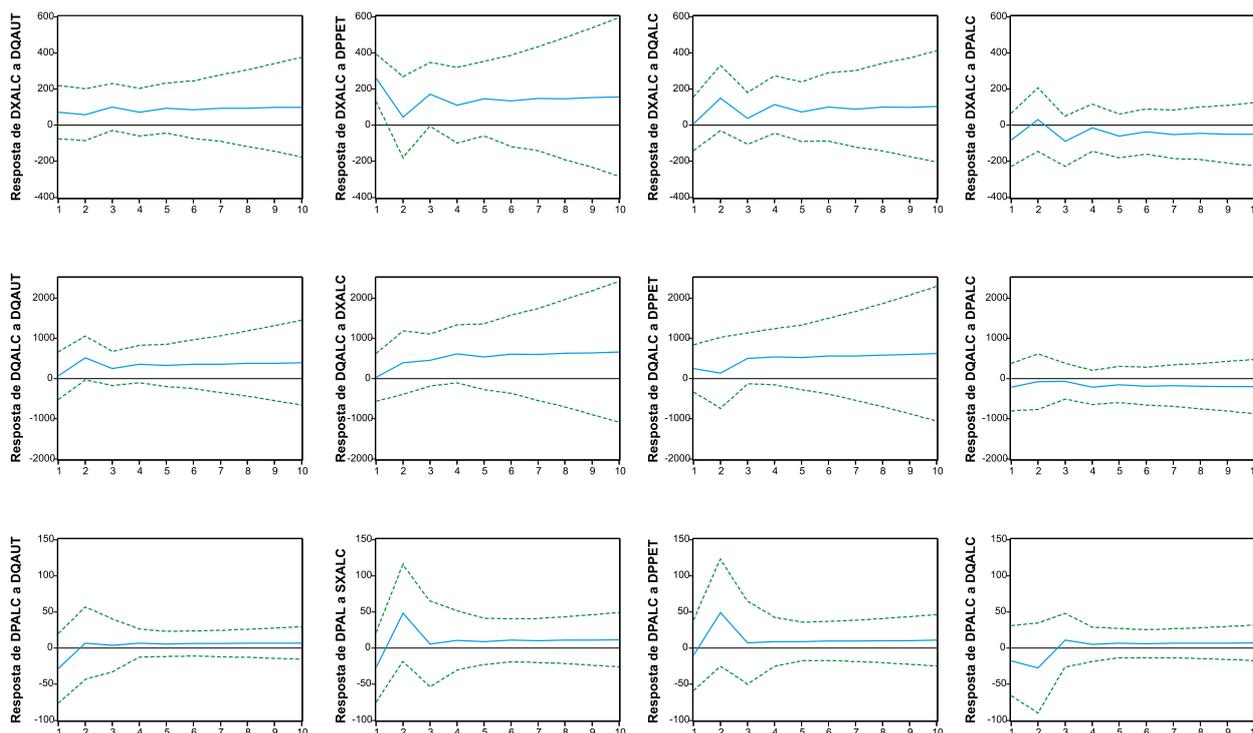


Figura 8. Resultados das Funções de Impulso-Resposta.

¹¹ Buscou-se verificar com a GIR apenas os impactos sobre as variáveis mais relacionadas ao comportamento do mercado de etanol e, por isso, os resultados da GIR para preço do petróleo e demanda de automóveis movidos a etanol não foram apresentados.

é, o aumento da demanda interna pelo combustível não afeta as exportações do produto.

O teste de causalidade de Granger examina se os valores defasados de uma determinada variável y precedem outra variável x qualquer, condicional ao uso dos valores defasados dessa variável, com exceção dos valores defasados da variável y . Assim, o teste contemplou as relações entre todos os pares de séries temporais que compõem o modelo de determinação da produção alcooleira no Brasil no período, sendo usado nas estimações o mesmo número de defasagens

utilizadas na construção dos modelos VAR (uma defasagem).

A Tabela 6 apresenta os resultados do teste de causalidade de Granger, que indica a rejeição da hipótese nula de não causalidade (precedência) entre as variações da quantidade de automóveis movidos a etanol e da produção do combustível. Isso sugere que o aumento da procura por esse tipo de automóvel (demanda interna) tem contribuído para a expansão da produção brasileira de etanol no período recente.

Tabela 6. Resultados do teste de causalidade de Granger.

Hipótese nula	Obs	F-estatística	Prob.
DPALC não causa no sentido de Granger DQALC	27	0,10798	0,74530
DQALC não causa no sentido de Granger DPALC		1,17752	0,28864
DQAUT não causa no sentido de Granger DQALC ⁽¹⁾	27	7,62355	0,01087
DQALC não causa no sentido de Granger DQAUT		1,54899	0,22530
DXALC não causa no sentido de Granger DQALC ⁽¹⁾	27	4,63577	0,04158
DQALC não causa no sentido de Granger DXALC ⁽¹⁾		7,48142	0,01153
DPPET não causa no sentido de Granger DQALC	27	0,84527	0,36704
DQALC não causa no sentido de Granger DPPET		0,59759	0,44705
DQAUT não causa no sentido de Granger DPALC	27	0,23011	0,63579
DPALC não causa no sentido de Granger DQAUT		0,56146	0,46096
DXALC não causa no sentido de Granger DPALC	27	1,38387	0,25098
DPALC não causa no sentido de Granger DXALC		1,59570	0,21865
DPPET não causa no sentido de Granger DPALC	27	2,74908	0,11033
DPALC não causa no sentido de Granger DPPET		1,24174	0,27617
DXALC não causa no sentido de Granger DQAUT	27	3,44820	0,07564
DQAUT não causa no sentido de Granger DXALC ⁽²⁾		8,77005	0,00680
DPPET não causa no sentido de Granger DQAUT ⁽²⁾	27	12,2747	0,00183
DQAUT não causa no sentido de Granger DPPET ⁽²⁾		7,92035	0,00960
DPPET não causa no sentido de Granger DXALC ⁽¹⁾	27	4,77012	0,03896
DXALC não causa no sentido de Granger DPPET ⁽¹⁾		4,37006	0,04734

⁽¹⁾ Indica rejeição da hipótese nula de não causalidade ao nível de significância de 5%.

⁽²⁾ Indica rejeição da hipótese nula de não causalidade ao nível de significância de 1%.

As variações da produção de etanol precedem as mudanças nas exportações do produto, e as variações das exportações de etanol também se mostram relevantes para explicar o comportamento da produção do combustível. Nesse sentido, observa-se que a demanda externa constitui um elemento importante para assegurar a expansão da produção de etanol.

Além disso, percebe-se que as mudanças da demanda interna derivada das aquisições de automóveis movidos a etanol precedem as variações de suas exportações e do preço do combustível. Choques desta última variável também precedem as variações da demanda de automóveis movidos a etanol e as mudanças das exportações do produto. Em outras palavras, o comportamento (valores defasados) do preço do petróleo parece constituir um fator importante para explicar as demandas interna e externa desse combustível nos últimos anos. Destaca-se que os choques do preço do petróleo são afetados pelos valores defasados das exportações de etanol no período analisado.

Finalmente, cabe ressaltar que o teste de causalidade de Granger aponta que os choques (valores defasados) dos preços do etanol não precedem as mudanças da quantidade produzida do produto, do preço do petróleo, das vendas de automóveis movidos a etanol e das exportações do produto. Esse resultado está em consonância com os resultados obtidos com a ADV e a GIR, sugerindo que o preço do bem se mostrou menos importante enquanto determinante da produção alcooleira e da demanda interna e externa pelo produto no período analisado.

Considerações finais

A primeira década do século 21 testemunhou um intenso debate sobre as alternativas energéticas disponíveis para a humanidade. É consenso entre os estudiosos que a era fóssil, iniciada com a Revolução Industrial e aprofundada no pós-segunda Guerra, possibilitou grandes avanços, mas, ao mesmo tempo, representou um crescimento significativo do potencial de destruição

das atividades humanas em relação ao meio ambiente, haja vista o fenômeno das mudanças climáticas, cuja causa mais apontada é a excessiva emissão de GEE, principalmente CO₂, proveniente da queima de combustíveis fósseis usados nas atividades econômicas.

No contexto de discussão sobre fontes de energia renováveis, é cada vez maior o interesse pelos chamados biocombustíveis, dentre eles o etanol. Sua produção é considerada “limpa”, no sentido de que ela é de origem não fóssil e feita a partir de plantas, as quais também têm o potencial de retirada de carbono da atmosfera através da fotossíntese. Acredita-se que a produção de biocombustíveis possa amenizar as pressões sobre os combustíveis fósseis ao reduzir o ritmo de sua utilização, preservando suas fontes (já que estes são considerados não-renováveis pelo menos na escala temporal humana) e diminuindo a quantidade de poluentes emitidos em sua queima.

O etanol brasileiro, produzido a partir de cana-de-açúcar, tem sido apontado como um biocombustível promissor. O Brasil possui grandes vantagens na produção de etanol, o que justifica o grande dinamismo de sua produção. Tendo em vista este último fato, o presente trabalho teve como objetivo analisar as principais variáveis econômicas que afetaram a produção de etanol no Brasil no período 1980–2008. A análise econométrica realizada envolveu a elaboração de um modelo VAR e a estimação da Análise de Decomposição de Variância (ADV), das Funções de Resposta aos Impulsos (GIR) e também do teste de causalidade de Granger.

Em termos gerais, os resultados da análise econométrica mostraram que a expansão da produção brasileira de etanol no período recente encontra-se vinculada principalmente aos choques dos elementos de demanda interna e externa, representados pelas exportações do produto e vendas de automóveis que utilizam o etanol como combustível, e as variações do preço do petróleo (produto substituto) também contribuíram para explicar o comportamento da produção brasileira de etanol. Em outras palavras, esses

fatores de demanda exerceram efeitos positivos – com maior duração, no caso das exportações, e com alguma defasagem temporal no caso do preço do petróleo – sobre a expansão recente do mercado alcooleiro. Por sua vez, percebe-se que as mudanças do preço do produto foram pouco importantes para explicar o comportamento da produção. No entanto, o preço do etanol tem sido influenciado positivamente pelos choques do preço do petróleo, das exportações de etanol e da demanda de automóveis movidos por esse tipo de combustível, principalmente em uma perspectiva de curto prazo, enquanto o aumento da oferta de etanol tende a determinar uma redução dos preços do produto, o que segue a lei do mercado (o aumento da oferta tende a diminuir o preço), passando a responder de maneira positiva ao aumento da oferta do produto após alguma defasagem temporal.

Referências

- AJANOVIC, A. Biofuels versus food production: does biofuels production increase food prices? **Energy**, Oxford, v. 36, n. 4, p. 2070-2076, 2011.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2010**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://anfavea2010.virapagina.com.br/anfavea2010/>>. Acesso: 8 mar. 2011.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 9 mar. 2011.
- BACCHI, M. R. P. A indústria canavieira do Brasil em clima otimista. **Revista Futuros Agronegócios**, São Paulo, p. 22-25, jul. 2006.
- CARVALHO, E. P. de. Perspectivas da agroenergia. In: SEMINÁRIO PERSPECTIVAS PARA O AGRIBUSINESS EM 2007 E 2008, 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: BM&F, 2007a.
- CARVALHO, H. M. de. **Impactos econômicos, sociais e ambientais devido à expansão da oferta de etanol no Brasil**. 2007b. Disponível em: <<http://www.cptpe.org.br/files/impactos.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- FURTADO, A. T. SCANDIFFIO, M. I. G. A promessa do etanol no Brasil. **Visages d'Amérique Latine**, Poitiers, n. 5, p. 100-111, sept. 2007.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 2 mar. 2011.
- MATA, H. T. da C.; LADU, L.; SANTOS, G. J. dos; OLIVEIRA, G. G.; GERMANI, G. I.; COUTO, V. de A. O dilema dos agrocombustíveis e a segurança alimentar: elementos de reflexão. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Brasília, DF: EcoEco, 2009.
- NAEEM, S.; CHAPIN III, F. S.; COSTANZA, R.; EHRlich, P. R.; GOLLEY, F. B.; HOOPER, D. U.; LAWTON, J. H.; O'NEILL, R. V.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SYMSTAD, A. J.; TILMAN, D. Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. **Issues in Ecology**, Washington, DC, n. 4, p. 2-11, 1999.
- ORTEGA FILHO, S. **O potencial da agroindústria canavieira do Brasil**. 2003. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/Departamentos/FBT/HP_Professores/Penna/EstudoDirigido/Agroindustria_Canavieira.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- PALETTA, C. E. M., Setor sucroalcooleiro. In: GREENPEACE. **Dossiê energia positiva para o Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/tour2004_energia/downloads/dossie_energia_2004.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2010.
- RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. S. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.natbrasil.org.br/Docs/biocombustiveis/sustentabilidade_etanol_port.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2010.
- SZWARC, A. Ethanol and the control of greenhouse gases. In: BIOFUELS IN BRAZIL: realities and prospects. Brasília, DF: Ministério das Relações Exteriores, 2008. p. 121-135.
- UNICA. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/default.asp>>. Acesso em: 2 mar. 2011.
- WILKINSON, J.; HERRERA, S. Biofuels in Brazil: debates and impacts. **The Journal of Peasant Studies**, London, GB, v. 37, n. 4, p. 749-768, 2010.