

Modelo de previsão de oferta e demanda de bioetanol hidratado para apoio ao planejamento estratégico de transportes no Brasil

[Forecast model of supply and demand for hydrated bioethanol for strategic planning of transport in Brazil]

Marcelino Aurélio Vieira da Silva*, Marcio de Almeida D'Agosto

Instituto Militar de Engenharia - Brasil, COPPE/UFRJ - Brasil

Submitted 29 Aug 2012; received in revised form 24 Dec 2012; accepted 27 Dec 2012

Resumo

O presente trabalho propõe um procedimento para analisar e estimar a demanda e oferta de bioetanol no Brasil, buscando testar a frota dedicada a bioetanol como principal variável explicativa e analisando os erros com a técnica de cointegração com objetivo de se evitar a presença de regressões espúrias na modelagem. Foi possível verificar que os modelos elaborados se mostraram adequados para previsões a longo prazo para o Brasil e para os estados apenas a curto prazo.

Palavras-Chave: bioetanol, planejamento estratégico, cointegração.

Abstract

This paper proposes predictive models of supply and demand for hydrated bioethanol for the whole of Brazil to test the fleet dedicated to bioethanol as the main explanatory variable and analyzes the errors using the cointegration technique to avoid the presence of spurious regressions in modeling. We verified that the models developed were suitable for long-term forecasts for Brazil but only in the short term for the states.

Key words: bioethanol, strategic planning, cointegration.

* Email: mauvsil@ime.eb.br.

Recommended Citation

Vieira da Silva and D'Agosto (2013) Modelo de previsão de oferta e demanda de bioetanol hidratado para apoio ao planejamento estratégico de transportes no Brasil. *Journal of Transport Literature*, vol. 7, n. 3, pp. 214-239.

Introdução

Este trabalho visa desenvolver um modelo de análise e previsão da demanda e oferta de bioetanol no Brasil (nação) e para os estados brasileiros com a finalidade de apoiar o planejamento estratégico do sistema nacional de transporte deste biocombustível. Como hipótese do trabalho, definiu-se que é possível utilizar como variável independente a frota dedicada a bioetanol no modelo. Como premissa do trabalho, definiu-se que é possível determinar a frota dedicada a bioetanol dos veículos *flexible fuel* com base no comportamento encontrado para o Brasil com base nos estados em função da razão de preços do bioetanol e da gasolina desenvolvido por Goldemberg (2008).

No Brasil, as características edafoclimáticas são favoráveis à produção de bioetanol hidratado, combustível utilizado no país como opção para a redução das emissões líquidas de CO₂ (D'Agosto e Ribeiro, 2009) em substituição a gasolina automotiva, combustível fóssil da matriz energética de transportes. Em virtude disso e da popularização do uso de automóveis *flexible fuel* que foi observada ao longo do período de 2000 a 2009, alcançando 79,8% das vendas de veículos novos em 2009 (ANFAVEA, 2010), o consumo de bioetanol hidratado nos transportes cresceu cerca de 200% (BEN, 2010).

Para garantir o suprimento de bioetanol hidratado de modo a atender a crescente demanda, é necessário o planejamento do transporte deste combustível, em particular no que tange a previsão de potenciais fluxos do produto entre regiões ofertantes e demandantes.

Usualmente, utiliza-se o modelo de quatro etapas (geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de fluxos), como modelo de análise e previsão de demanda, aspecto central do planejamento de transporte (Novaes, 1986). Como ponto de partida para estimar a demanda de viagens faz-se necessária a previsão da oferta e da demanda deste biocombustível ao longo do tempo. O resultado da revisão bibliográfica considerada neste trabalho apresenta um conjunto de métodos que podem ser utilizados para projetar a oferta e a demanda. No entanto, independentemente do número de variáveis envolvidas e da complexidade de sua aplicação, sempre existe dificuldade em diminuir o erro da previsão em

relação à realidade. Assim, um modelo de previsão simples, barato e de fácil aplicação e que produza resultados estatisticamente consistentes pode ser aceitável.

Os modelos para o Brasil (nação) em função da frota dedicada a bioetanol apresentaram coeficientes de determinação maiores do que 0,87, porém verificou-se a necessidade de avaliar a presença de regressões espúrias com o teste de cointegração para verificar o seu emprego para longo prazo, conforme identificado na revisão bibliográfica realizada. Os modelos para os estados poderiam ser desenvolvidos utilizando a frota dedicada a bioetanol, porém o estudo de Goldenberg (2008) é apenas para o Brasil, sendo assim, tentou-se construir os modelos dos estados em função da demanda e oferta nacional. O comportamento de todos os estados não segue o mesmo padrão de variação que o Brasil (nação) o que se pode verificar com os testes estatísticos realizados, identificando que para os estados que não atenderam os testes, a análise e previsão de demanda e oferta necessitam ser tratadas de forma particular para cada.

A partir desta introdução, apresenta-se o referencial teórico sobre o tema (Seção 1). Na Seção 2, apresenta-se o procedimento utilizado e a aplicação do método de previsão. Os resultados obtidos na aplicação serão analisados na Seção 3. Por último, na Seção 4, serão apresentadas as considerações finais e a sugestão de estudos futuros.

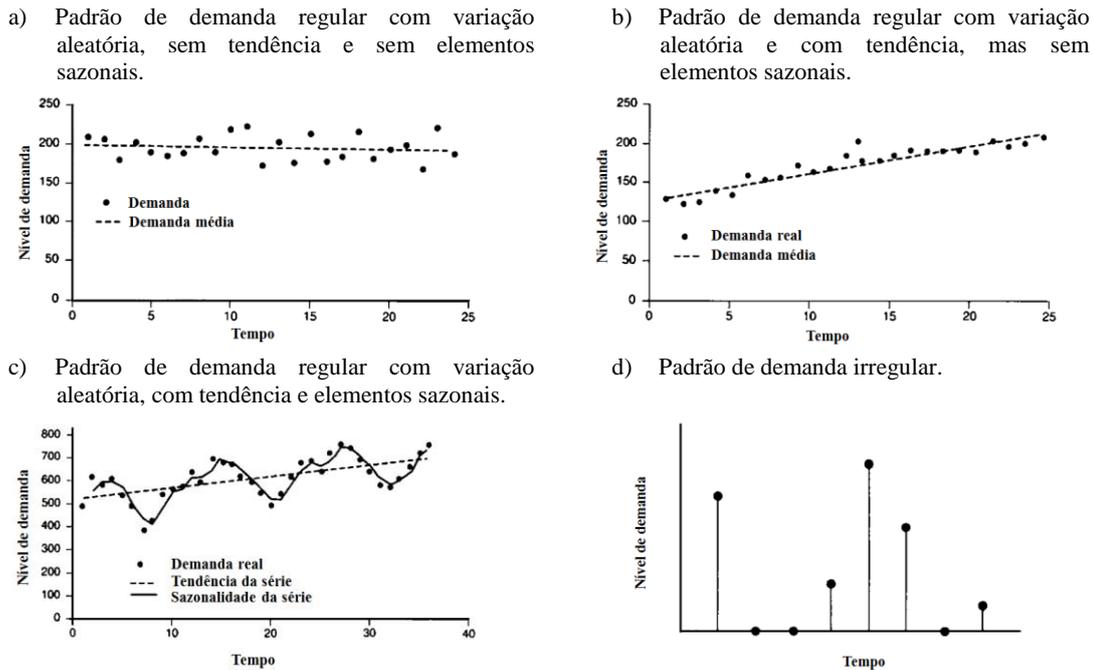
1. Referencial teórico

Nesta seção apresenta-se, inicialmente, o referencial conceitual sobre os métodos de previsão de demanda que apóiam a proposição do procedimento a ser empregado na Seção 2 deste trabalho. Em seguida apresenta-se o referencial bibliográfico sobre o tema em estudo.

1.1 Referencial conceitual

Entende-se por demanda de um produto o volume total que seria adquirido por um grupo definido de consumidores em uma área geográfica delimitada, em um período de tempo especificado, em um ambiente de mercado conhecido e mediante um programa de *marketing* (Kotler, 1991).

Os padrões de demanda podem ser classificados em regular e irregular, sendo mais fácil realizar previsões se o padrão for regular. Os padrões regulares de demanda podem ser decompostos em cinco componentes: 1) demanda média para o período (nível); 2) tendência; 3) sazonalidade; 4) fatores cíclicos e 5) variação aleatória. A Figura 1 ilustra uma seleção desses padrões de demanda (Ballou, 2001; Wanke & Julianelli, 2006).



Fonte: Elaboração própria com base em Ballou (2001) e Wanke & Julianelli (2006).

Figura 1 - Seleção de padrões de demanda

Segundo Ballou (2001), para a construção de um modelo que represente o comportamento da demanda pode-se utilizar métodos qualitativos ou quantitativos. Os métodos qualitativos são aqueles que recorrem a julgamento, intuição, pesquisas ou técnicas comparativas a fim de produzir estimativas sobre o futuro. Como exemplos destacam-se: a técnica *Delphi*, a análise de cenários, o júri executivo de opiniões, a composição de forças de venda e as pesquisas de mercado.

Já os métodos quantitativos utilizam modelos matemáticos baseados na análise de dados passados e podem ser divididos em dois grupos: métodos baseados em séries temporais e métodos causais (Marins, 2011).

Erros são inevitáveis no processo preditivo. Mesmo um procedimento matemático formal associado a um método de previsão computacional é limitado pela precisão do modelo e dos dados nos quais ele se baseia (Evans, 1982). Devido às incertezas e efeitos não explicados pelos modelos, faz-se necessário um monitoramento do comportamento dos seus resultados ao longo do tempo com o objetivo de corrigir suas falhas, adequando-os, se for o caso, aos comportamentos que serão comprovados no futuro.

1.2 Referencial bibliográfico

Para a previsão do fluxo de transporte de um produto entre duas zonas faz-se necessário conhecer a atração e a produção de viagens entre cada região analisada. A atração de viagens é função da demanda, enquanto a produção de viagens é função da oferta de produto existente em cada região. No caso de se avaliar independentemente a oferta e a demanda, ou seja, sem a consideração de equações simultâneas, podem-se aplicar as mesmas técnicas utilizadas para a previsão de demanda.

Com o intuito de verificar quais os métodos e as variáveis dependentes e independentes usualmente utilizadas para a previsão de demanda de combustíveis realizou-se uma pesquisa bibliográfica nacional e internacional, da qual foram selecionados 14 trabalhos, dos quais 10 (71,4%) referem-se a aplicações para o Brasil (Tabela 1).

Dentre os 14 trabalhos, 93,8% utilizam o método causal para previsão de demanda, sendo que 69,2% utilizaram a técnica de cointegração. Em 85,7% foi possível identificar o padrão de demanda como regular e com tendência. Dentre estes, 41,6% apresentam a indicação de elementos sazonais. Para os trabalhos que apresentaram efeitos de sazonalidade a agregação temporal se deu em período mensal e trimestral.

No que se refere à escolha das variáveis independentes, em 71,4% dos trabalhos verificou-se o uso da variável preço, em 50% o uso da variável PIB em suas diferentes apresentações (PIB, PIB real e PIB per capita) e em 28,5% o uso da variável renda. Como variável dependente considerou-se a previsão da oferta e da demanda.

De acordo com Marins (2011) por meio dos métodos causais é possível prever a demanda de um produto com base na previsão de outra variável que possua relação com o produto. Como exemplo das técnicas utilizadas por esse método tem-se as regressões simples e múltiplas. Em tais técnicas as variáveis utilizadas podem compor séries históricas, necessitando avaliar se as séries são ou não estacionárias ao invés de uma simples busca do maior coeficiente de determinação (R^2).

A regressão linear entre duas séries históricas não-estacionárias pode apresentar coeficiente de determinação elevado e significância estatística e a série dos erros entre os resultados do modelo e os dados reais pode ser uma série temporal não-estacionária. Esta situação é denominada de regressão espúria (Granger & Newbold, 1974).

Segundo Phillips (1986), é possível trabalhar com os dados das séries e não com as primeiras diferenças (erros) sem correr o risco de regressões espúrias desde que as séries sejam cointegradas de uma mesma ordem. Segundo Engle e Granger (1987), duas variáveis (ou mais) Y_t e Z_t integradas de ordem (d) , denotado por $I(d)$, serão cointegradas de ordem (d, b) se existir um vetor $\beta \neq 0$ que satisfaça a Equação 1. Em termos conceituais, as variáveis do modelo possuem tendências comuns de longo prazo.

$$e_t = \beta_1 \cdot Y_t + \beta_2 \cdot Z_t + \beta_3 \quad (1)$$

Onde: e_t (erro) é integrado de ordem b , $I(b)$, e $b < d$.

A cointegração requer, como primeira condição, que as variáveis do modelo sejam integradas de mesma ordem, ou seja, as variáveis podem ser não estacionárias, mas elas se tornam estacionárias por meio da aplicação do mesmo número de diferenças. A segunda condição para a cointegração requer que a combinação linear das variáveis do modelo resulte em uma série cuja ordem de integração é menor do que a das séries originais.

Tabela 1 - Seleção de estudos relacionados à previsão de demanda de combustíveis

Autor	Local	Objeto da pesquisa	Padrão de demanda e método de previsão	Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Moreira, 1996	Brasil	Buscar modelos de projeção de longo prazo do consumo de óleo diesel. Foi apresentado um modelo para o nível nacional e outro para o regional.	Padrão da demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de co-integração.	Consumo de óleo diesel.	PIB e preço: para nível nacional. Consumo nacional projetado e tendência de crescimento do estado: para nível estadual.
Espey, 1998	EUA	Revisar bibliografia. Este artigo tinha por objetivo verificar os fatores que afetaram sistematicamente as estimativas de elasticidade-preço e de elasticidade-renda obtidas para a demanda por gasolina para regiões dos Estados Unidos entre os anos de 1966 a 1997.	Padrão de demanda: não especificado, pois trata de revisão bibliográfica. Métodos; Causal ³ , com diferentes técnicas para encontrar os parâmetros dos modelos, como método dos mínimos quadrados e mínimos quadrados generalizados, sendo o primeiro o mais utilizado.	Demanda de gasolina.	Preço e renda ⁴ .
Kayser, 2000	EUA	Desenvolver um modelo para estimar a demanda de gasolina.	Padrão da demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de co-integração.	Demanda de gasolina.	Preço e renda.
Zanini, 2000	Brasil	Desenvolver um modelo de previsão para a demanda mensal de gasolina automotiva no Brasil.	Padrão da demanda: regular com tendência e com elementos sazonais. Método: Causal (regressão dinâmica) e de projeção histórica com uso de séries temporais (Box & Jenkins e Redes Neurais Artificiais).	Demanda de gasolina.	Para a técnica de regressão dinâmica: PIB e preço Para a técnica Box & Jenkins: observações anteriores Para a técnica de Redes Neurais Artificiais: observações anteriores.
Jabir, 2001	EUA	Desenvolver um modelo para estimar a demanda de importações norte-americana de petróleo.	Padrão da demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de petróleo.	PIB e preço do petróleo bruto.
Burnquist e Bacchi, 2002	Brasil	Analisar a demanda por gasolina no âmbito nacional a partir de um modelo econômico básico.	Padrão da demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de gasolina.	Preço real ⁽¹⁾ da gasolina; PIB real ⁽¹⁾ per capita.
Gately e Huntington, 2002	96 países ⁽²⁾	Analisar os determinantes da demanda por energia derivada do petróleo.	Padrão da demanda: diversos (dados de vários países entre 1971 e 1997). Método: Causal ³ , com técnica de regressão linear e não linear.	Demanda derivados de petróleo.	Preço e renda ⁴ .

Autor	Local	Objeto da pesquisa	Padrão de demanda e método de previsão	Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Marjotta-Maistro, 2002	Brasil	Analisar e elaborar um modelo de previsão de demanda para o mercado da gasolina e do álcool anidrido em função do preço e da renda.	Padrão da demanda: regular com tendência e com elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de estimação de mínimos quadrados em dois estágios e mínimos quadrados ordinários.	Demanda de gasolina e álcool anidrido.	Preço e renda.
Alves e Bueno, 2003	Brasil	Estudar o comportamento de longo prazo e curto prazo da demanda de gasolina.	Padrão da demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de gasolina.	PIB per capita real ⁽¹⁾ , preço real ⁽¹⁾ da gasolina e preço real ⁽¹⁾ do álcool.
Pinto et al., 2006	Brasil	Examinar os condicionantes, as linhas de ação e os instrumentos de política que presidirão uma alteração estrutural na matriz brasileira de combustíveis. No trabalho foi realizada a previsão de demanda agregada de combustíveis para o transporte rodoviário.	Padrão de demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de combustíveis para o transporte rodoviário.	PIB e preço do petróleo internacional.
Nappo, 2007	Brasil	Estimar a função demanda por gasolina no Brasil e suas elasticidades-preço e renda, para o período de agosto de 1994 a julho de 2006.	Padrão de demanda: regular com tendência e com elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de gasolina.	Preço real ⁽¹⁾ da gasolina, renda real ⁽¹⁾ per capita e preço real ⁽¹⁾ do álcool.
Schünemann, 2007	Brasil	Analisar o impacto na demanda de gasolina automotiva no Brasil gerado pela introdução dos veículos <i>flex-fuel</i> a partir de 2003 e da expansão do consumo do GNV nos últimos 5 anos.	Padrão de demanda: regular com tendência e com ou sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Demanda de gasolina.	PIB per capita, preço real ⁽¹⁾ médios por período da gasolina e preço real ⁽¹⁾ médios por período do álcool.
Carmo et al.; 2009	Brasil	Fazer uma análise da demanda por biodiesel em função do consumo de diesel, identificando qual a capacidade de produção o Brasil necessita atingir ao longo do tempo para atender a demanda prevista.	Padrão de demanda: regular com tendência e com elementos sazonais. Método: Projeção histórica com uso de séries temporais.	Demanda por biodiesel.	Observações passadas.
Gomez; 2010	Brasil	Elaborar um modelo de previsão do consumo de gasolina, do álcool hidratado e do GNV.	Padrão de demanda: regular com tendência e sem elementos sazonais. Método: Causal, usando a técnica de cointegração.	Consumo de gasolina, de álcool hidratado e do GNV.	Preço real ⁽¹⁾ da gasolina, preço real ⁽¹⁾ do álcool hidratado, preço real ⁽¹⁾ do GNV e renda (massa salarial).

- Notas: (1) Entende-se por valor “real” aqueles valores trabalhados nos anos estudados sem levar em conta a inflação ocorrida entre os períodos.
 (2) Foram estudados os 96 países onde a população apresenta a maior renda *per capita*.
 (3) Método utilizado pelos principais modelos apresentado na referência.
 (4) Principais variáveis utilizadas.

Com objetivo de garantir o equilíbrio de longo prazo entre as variáveis, deve-se requerer que estas mantenham ao longo do tempo uma distância aproximadamente constante, ou seja, elas devem se mover de forma aproximadamente sincronizada. Para que isto ocorra e se possa estimar a regressão entre as variáveis, a série dos erros deve ser integrada de ordem zero $I(0)$ (estacionária), equivalendo a que as séries das variáveis sejam cointegradas de ordem (d, d) . Caso não se atenda as condições do teste de cointegração têm-se um caso de regressão espúria.

Para verificar se uma série temporal é integrada ou não, são utilizados os testes de raízes unitárias. De acordo com Bruni (2004) os testes mais utilizados para análises de raízes unitárias são o teste Dickey-Fuller (DF) e o Dickey-Fuller Ampliado (ADF), utilizado no presente trabalho conforme as Equações: 2 (modelo sem constante), 3 (modelo com constante) e 4 (modelo com constante e tendência), onde α , β e λ são parâmetros a determinar e e_t o erro, considerando que é um modelo auto-regressivo de primeira ordem.

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + e_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta Y_{t-1} + e_t \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \lambda t + \beta Y_{t-1} + e_t \quad (4)$$

Procura-se testar:

$H_0: \beta \geq 0 \rightarrow X_t$ é pelo menos $I(1)$, ou ainda, não estacionária.

$H_1: \beta < 0 \rightarrow X_t$ é $I(0)$, ou seja, integrada de ordem zero, ou ainda, estacionária.

O teste ADF tem distribuição próxima a de t-student, sendo a verdadeira distribuição descoberta por Dickey-Fuller por meio de simulação de Monte Carlo (Enders, 1995).

2. Procedimento, Métodos e Dados

A Figura 2 apresenta o procedimento a ser empregado na proposição do modelo de projeção da oferta e da demanda de bioetanol hidratado para o Brasil e para os estados brasileiros.

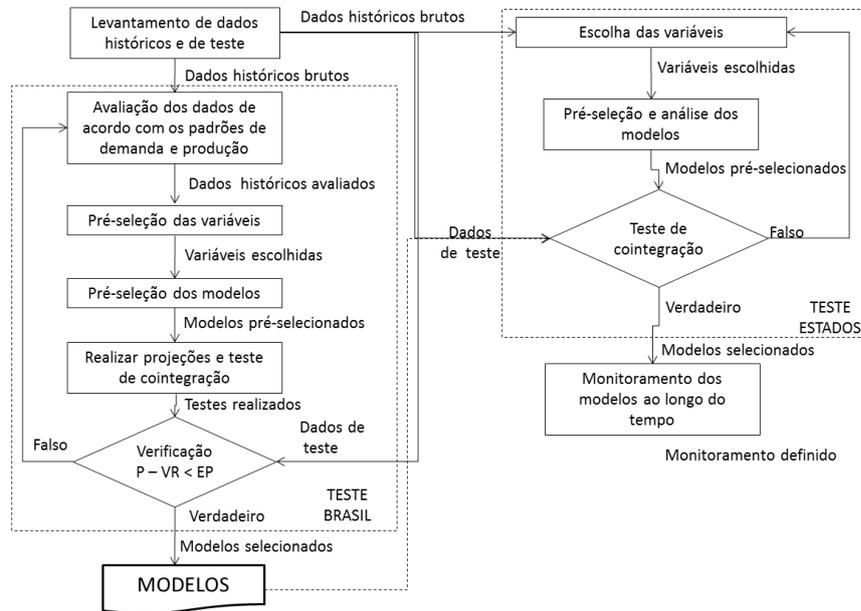


Figura 2 - Procedimento proposto

2.1 Levantamento de dados históricos e de teste – Brasil e Estados

Com base na pesquisa bibliográfica realizada foi possível observar uma tendência em se utilizar as variáveis PIB, preço e renda para explicar o comportamento da demanda na aplicação dos métodos causais. Como a análise realizada no trabalho é regional, a variável renda pode ser explicada em parte pelo PIB. Porém, se o objetivo fosse explicar o consumo em função da renda, poder-se-ia encontrar consumos diferentes para grupos de indivíduos separados por classe baixa, média e alta, o que não é o objetivo deste trabalho, onde se busca analisar o comportamento agregado.

O PIB é uma variável obtida com a agregação de informações de diversos setores da economia, que pode ajudar na elaboração dos modelos, e que será confirmado adiante. Outra possibilidade diz respeito a frota de veículos que usam o bioetanol. Parte desta frota é composta por veículos *flexible fuel* que podem utilizar a gasolina como alternativa de combustível, configurando este como um produto concorrente do bioetanol, logo, o preço da

gasolina pode ser uma variável relevante para construção dos modelos.

Os dados referentes à demanda [10^3 m^3], preço de venda [R\$/l] do bioetanol e preço de venda [R\$/l] da gasolina foram extraídos de ANP (2010) para os anos de 1980 a 2010. Os dados da oferta [10^3 m^3] foram obtidos em ÚNICA (2012) para os anos de 1991 a 2009. Todos estes dados estão apresentados em totais anuais para todo o Brasil e por estados. Os dados da frota de veículos foram extraídos de ANFAVEA (2011) para os anos de 1980 a 2010.

Em relação às variáveis PIB foram testados os: PIB total [$10^6 \text{ R}\$$] e o PIB setorial [$10^6 \text{ R}\$$]: agropecuário, indústria e serviços. Os dados sobre o PIB total são referentes a preços correntes e indexados, enquanto os dados de PIB setorial são referentes ao valor de bens e serviços a preços básicos, isto é, ainda sem a incidência de tributos (IBGE, 2009). Os dados de frota de veículos foram extraídos de ANFAVEA (2011).

Segundo Goldemberg (2008), a frota de veículos *flexible fuel* dedicados ao bioetanol no Brasil pode ser levantada com base no comportamento encontrado para os estados apresentado na figura 3. A curva contínua representa um comportamento médio para o Brasil em relação ao percentual de veículos *flexible fuel* que usam o bioetanol em função da razão de preços do bioetanol e da gasolina. A curva tracejada representa a situação ideal, onde o percentual da frota de veículos *flexible fuel* que usam bioetanol é de 50% para uma razão de preços de 70%.

Os veículos que podem usar o bioetanol são os automóveis, veículos comerciais leves equipados com motores do ciclo Otto e motocicletas. Como o consumo de bioetanol pelas motocicletas é muito inferior comparado aos demais, a estimativa da frota circulante que usa bioetanol foi realizada em função dos automóveis e veículos comerciais leves. Os dados das respectivas frotas foram obtidos em INEAVAR (2011). A estimativa da frota circulante que usam bioetanol foi obtida a partir da Equação 5.

$$F^i = F_{et}^i + F_{flex}^i \cdot \rho \quad (5)$$

Onde: F^i é a estimativa da frota circulante que usa bioetanol no ano i .

F_{et}^i é a estimativa da frota circulante de veículos movidos a etanol no ano i .

F_{flex}^i é a estimativa da frota circulante de veículos *flexible fuel* no Brasil no ano i .

ρ é o percentual da frota de veículos *flexible fuel* no Brasil que usa como combustível o bioetanol de acordo com a Figura 3.

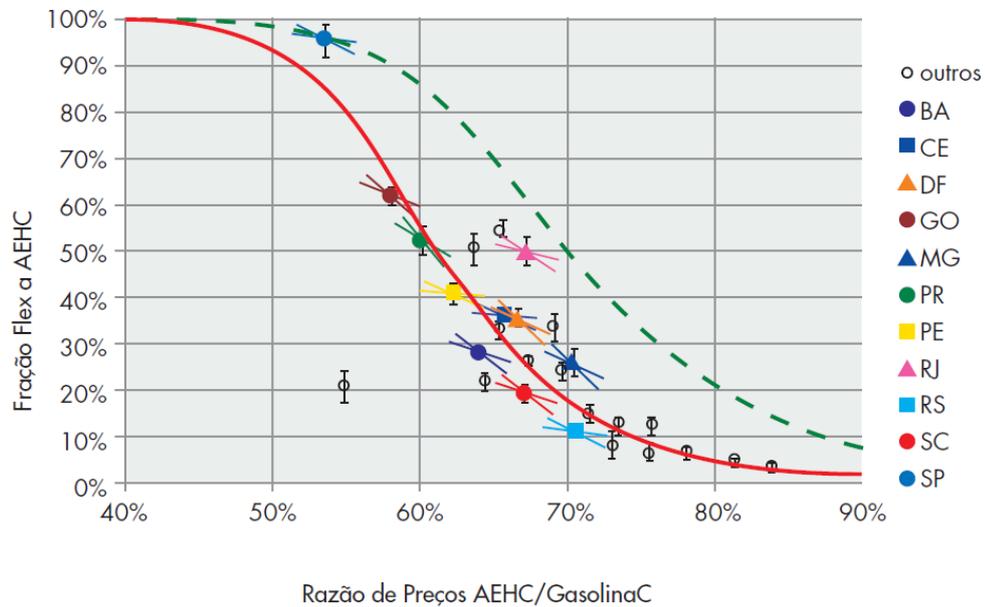


Figura 3 - Fração da frota de veículos *flexible fuel* operando com AEHC em função da relação de preços entre o AEHC e a gasolina, nos postos, em cada unidade da federação¹

2.2 Avaliação dos dados em função dos padrões de demanda e produção

Os aspectos sazonais característicos do biocombustível estudado devido às variações de safra são verificados quando se trabalha com base mensal ou menor. Porém, como neste trabalho a base temporal utilizada foi anual verificou-se apenas padrão de demanda regular com variação aleatória e com tendência, mas sem elementos sazonais de acordo com o item b da Figura 1.

2.3 Pré-seleção das variáveis - Brasil

As variáveis dependentes no presente trabalho são: DT: Demanda total anual de etanol hidratado no Brasil [10^3m^3] e OT: Oferta total anual de etanol hidratado no Brasil [10^3m^3] e como variáveis independentes: Veic_Bio: Frota de veículos que utilizam o bioetanol; P_Gas: Preço da gasolina [R\$]; P_Bio: Preço do bioetanol [R\$]; PIB: PIB total (Produto Interno Bruto) [$10^6\text{R\$}$].

¹ Fonte: Goldemberg (2008).

A correlação linear entre as variáveis (Tabela 2) foi realizada admitindo-se que se $CC \geq 0,7$ (coeficiente de correlação) existe alta correlação entre as variáveis. Verificou-se que apenas a variável Veic_Bio possui alta correlação com a demanda e oferta e, então, foi a variável pré-escolhida para construção dos modelos.

Tabela 2 - Matriz de correlação linear entre as variáveis.

	DT	OT	Veic_Bio	P_Gas	P_Bio	PIB
DT	1					
OT	0,944	1				
Veic_Bio	0,941	0,951	1			
P_Gas	0,186	0,005	0,420	1		
P_Bio	0,194	0,001	0,432	0,994	1	
PIB	0,358	0,280	0,544	0,964	0,963	1

2.4 Pré-seleção dos modelos - Brasil

Uma vez que a análise das variáveis indicou que a construção de modelos de demanda e oferta em função da variável Veic_Bio pode levar a resultados satisfatórios, de forma similar ao realizado nos trabalhos da revisão bibliográfica, decidiu-se utilizar modelos causais para tentar explicar a variabilidade dos dados da oferta e demanda de bioetanol em função da frota de veículos, com o cuidado de não se obter regressões espúrias.

2.4.1 Demanda

O coeficiente de determinação entre a demanda e a frota de veículos dedicados a bioetanol foi de 0,941, logo, decidiu-se avaliar os modelos de regressão apresentados nas equações 6 e 7. A variável Veic_Bio é determinada em função do preço da gasolina e do bioetanol. As outras variáveis pesquisadas no presente trabalho não foram utilizadas devido aos seus valores baixos de correlação linear entre a demanda. Para a construção dos modelos foram utilizados os dados referentes aos anos de 1980 a 2009.

$$DT = a.Veic_Bio + b \quad (6)$$

$$DT = a.Veic_Bio^b \quad (7)$$

A Tabela 3 mostra o teste de raiz unitária para as variáveis. A variável independente será Veic_Bio e a dependente será DT para os modelos apresentados nas equações 6 e 7.

Tabela 3 - Teste de raiz unitária para as variáveis do modelo de demanda

Variável	t-ADF			Valor crítico – 1%			Valor crítico – 5%			Valor crítico – 10%		
	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T
DT	1,19	-0,86	-0,95	-2,65	-3,72	-4,33	-1,95	-2,99	-3,58	-1,60	-2,62	-3,23
Veic_Bio	1,63	-1,02	-1,18									
Δ DT	-2,51**	-2,53	-2,46									
Δ Veic_Bio	-2,33**	-2,44	-2,37									
Ln DT	1,83	-4,80*	-4,08**									
Ln Veic_Bio	2,71	-6,16*	-4,57*									
Δ Ln DT	-5,14*	-5,08*	-4,80*									
Δ Ln Veic_Bio	-2,21**	-2,07	-2,10									

Notas: 1) SC: sem constante. 2) CC: com constante. 3) CC e T: com constante e tendência. 4) O símbolo * indica que representa uma significância estatística ao nível de 1%. 5) O símbolo ** indica que representa uma significância estatística ao nível de 5%. 6) O símbolo *** indica que representa uma significância estatística ao nível de 10%.

Da análise dos valores encontrados para o teste ADF, pode-se verificar que a variável DT é integrada de ordem 1 a um nível de significância de 1% e a variável Ln DT é integrada de ordem 1 a um nível de significância de 5% para o modelo sem parâmetro constante. A variável Veic_Bio e Ln Veic_Bio são integradas de ordem 1 a um nível de significância de 1% para o modelo sem parâmetro constante. Logo, verifica-se que as variáveis são integradas de mesma ordem e, sendo assim, pode-se construir o modelo de regressão, faltando verificar a estacionaridade da série dos erros. A análise de raiz unitária foi realizada apenas com o modelo sem parâmetro constante, uma vez que os outros dois modelos não apresentaram uma série estacionária para a primeira diferença das variáveis.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados dos testes estatísticos para o modelo das equações 6 e 7. O teste ADF para os erros dos modelos identificou que apenas o modelo da Equação 7 apresenta uma significância estatística ao nível de 5%. Sendo assim, o modelo da Equação 7 não apresenta características de regressão espúria, podendo ser usado para estimativas a longo prazo.

Tabela 4 - Teses estatísticas para o modelo da Equação 6

<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,932	EM	9,09495E-14
R-Quadrado	0,869	EMA	1148,622
Erro padrão	1390,649	EMP	-1,360%
Observações	30	EMPA	27,071%
		t-ADF(erro)	-1,53

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	358897410,278	358897410,278	185,582	7,066.10 ⁻¹⁴
Resíduo	28	54149354,074	1933905,503		
Total	29	413046764,353			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
b	-584,064	622,061	-0,939	0,356
a	0,002	0,0002	13,623	7,065.10 ⁻¹⁴

Legenda: EM: erro médio; EMA: erro médio absoluto; EMP: erro médio percentual; EMPA: erro médio percentual absoluto.

Tabela 5 - Teses estatísticas para o modelo da Equação 7

<i>Estatística de regressão</i>			
R múltiplo	0,941	EM	-254,358
R-Quadrado	0,885	EMA	1249,573
Erro padrão	0,264	EMP	3,498%
Observações	30	EMPA	22,448%
		t-ADF(erro)	-2,29**

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	15,027	15,027	216,060	1,082.10 ⁻¹⁴
Resíduo	28	1,947	0,070		
Total	29	16,975			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
a	-5,231	0,947	-5,523	6,645.10 ⁻¹⁴
b	0,936	0,064	14,699	1,082.10 ⁻¹⁴

2.4.2 Produção

Com objetivo construir uma modelo de regressão linear entre a oferta de bioetanol e a frota de veículos dedicados a bioetanol, serão avaliados os modelos de regressão apresentados nas equações 6 e 7, sendo a variável dependente OT e a independente Veic_Bio e DT, tendo em vista que ambas apresentaram bom coeficiente de correlação com OT, conforme Tabela 2. A Tabela 6 mostra o teste de raiz unitária para as variáveis.

Da análise dos valores encontrados para o teste ADF, pode-se verificar que as variáveis OT, Veic_Bio e DT não são integradas de ordem 1 e as variáveis Ln OT e Ln Veic_Bio são integrada de ordem 1 a um nível de significância de 10% e a variável Ln DT a um nível de 5% para o modelo sem parâmetro constante. Logo, verifica-se que apenas o logaritmo das variáveis são integradas de mesma ordem e, sendo assim, pode-se construir o modelo de regressão para a situação não linear, faltando verificar a estacionaridade da série dos erros para confirmação se as séries são cointegradas.

Tabela 6 - Teste de raiz unitária para as variáveis do modelo da oferta

Variável	t-ADF			Valor crítico – 1%			Valor crítico – 5%			Valor crítico – 10%		
	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T	SC	CC	CC e T
OT	1,33	1,05	2,22	-2,66	-3,75	-4,38	-1,95	-3,00	-3,60	-1,60	-2,63	-3,24
Veic_Bio	1,29	0,90	1,89									
DT	0,98	0,53	2,52									
ΔOT	-0,95	-1,04	-2,19									
ΔVeic_Bio	-1,29	-1,38	-2,30									
Δ DT	-0,79	-0,88	-1,83									
Ln OT	0,787	0,13	0,95									
Ln Veic_Bio	0,84	0,21	1,06									
Ln DT	0,47	-0,28	-0,86									
Δ Ln OT	-1,75***	-1,76	-2,65									
Δ Ln Veic_Bio	-1,94***	-1,96	-2,72									
Δ Ln DT	-2,12**	-2,09	-2,85									

Notas: 1) SC: sem constante. 2) CC: com constante. 3) CC e T: com constante e tendência. 4) O símbolo ** indica que representa uma significância estatística ao nível de 5%. 4) O símbolo *** indica que representa uma significância estatística ao nível de 10%.

As Tabelas 7 e 8 mostram os resultados dos testes estatísticos para o modelo da Equação 7.

Tabela 7 - Teses estatísticas para o modelo da Equação 7 para estimativa da oferta com Veic_Bio como variável independente

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,93	EM	-53,5	
R-Quadrado	0,87	EMA	767,7	
Erro padrão	0,12	EMP	0,70%	
Observações	19	EMPA	9,32%	
		t-ADF(erro)	-2,96*	

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,711	1,711	111,137	7,10.10 ⁻⁰⁹
Resíduo	17	0,262	0,015		
Total	18	1,972			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Ln b	-8,282	1,646	-5,038	0,0001
a	1,144	0,108	10,542	7,10 ⁻⁰⁹

Tabela 8 - Teses estatísticas para o modelo da Equação 7 para estimativa da oferta com DT como variável independente

<i>Estatística de regressão</i>				
R múltiplo	0,94	EM	-72,63	
R-Quadrado	0,89	EMA	914,81	
Erro padrão	0,12	EMP	0,59%	
Observações	19	EMPA	9,65%	
		t-ADF(erro)	-2,85*	

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,747	1,747	131,432	2,01.10 ⁻⁰⁹
Resíduo	17	0,226	0,013		
Total	18	1,972			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	3,192	0,512	6,32	0,000009
Ln d	0,661	0,058	11,464	2,01.10 ⁻⁰⁹

O teste ADF para os erros dos modelos identificou que estes apresentaram uma significância estatística ao nível de 1%. Sendo assim, o modelo da Equação 7 com a variável independente Veic_Bio ou DT não apresenta características de regressão espúria, podendo ser usado para estimativas a longo prazo.

2.5 Realização de projeções e verificação do modelo - Brasil

A Tabela 5 apresenta os erros encontrados para a previsão de valores de oferta e demanda para o ano de 2010 com o uso dos modelos pré-selecionados. O valor de Veic_Bio para 2010 é de 6.564.372 (INEAVAR, 2011).

Tabela 9 - Resultados da projeção de valores para 2009 para o Brasil

Valor estimado	Variável independente	Modelo	Previsão (P)	Valor Real (VR)	E	EP	Ano estimado
DT	Veic_Bio	linear	14.380,06	15.074,30	-694,25	-4,83%	2010
DT	Veic_Bio	não linear	12.886,04	15.074,30	-2.188,27	-16,98%	2010
OT	Veic_Bio	não linear	17.108,83	18.176,62	-1.067,79	-6,24%	2009
OT	DT	não linear	14.977,74	18.176,62	-3.198,88	-21,36%	2009

Legenda: E: erro; EP: erro percentual.

Os modelos que apresentaram menor valor de erro foram o linear para a demanda e o não linear com variável independente Veic_Bio para a produção.

2.6 Escolha das variáveis - estados

Com o objetivo de identificar o comportamento espacial no Brasil optou-se por relacionar as ofertas e as demandas dos estados brasileiros [10^3 m^3] com aos valores obtidos para o Brasil, uma vez que estes dados são de facilmente acessíveis por serem de disponibilidade pública em ANP, (2010) e UNICA (2012).

2.7 Pré-seleção e análise dos modelos para os estados

O mesmo procedimento realizado para estimar os dados do Brasil poderia ter sido feito para cada estado, porém não se tem a mesma disponibilidade de dados de frota para cada estado o que dificulta o trabalho, optando-se por modelos de demanda e produção em função da

demanda e produção do Brasil respectivamente. Neste item será realizado o teste de cointegração para os modelos testados no estudo. Como primeira tentativa, foi utilizado o modelo linear o que não atendeu aos critérios de cointegração. Para o modelo não linear, alguns estados passaram nos critérios e os resultados estão apresentados na Tabela 10 e 11.

Tabela 10 - Análise dos modelos de demanda para os estados em função dos dados do Brasil

DEMANDA													
Variável	t_ADF			Variável	t_ADF			a	b	R2	t_ADF		Aval.
	SC	CC	CC e T		SC	CC	CC e T				SC (ERRO)		
Ln AC	-0,61	-4,69	-4,72	D_Ln AC	-3,3 *	-2,9 ***	-3,196	-8,345	1,147	0,63	-5,3 *		
Ln AL	-0,57	-1,86	-1,9	D_Ln AL	-0,527	-0,195	-0,5917	-3,27	0,823	0,809	-0,781		
Ln AP	-0,69	-1,78	-2,69	D_Ln AP	-2,76 *	-2,54	-2,52	-12,63	1,55	0,67	-1,2		
Ln AM	-0,85	-5	-4,15	D_Ln AM	-1,81 ***	-1,28	-1,75	-15,42	2,105	0,827	-4,478 *	ok	
Ln BA	-0,6	-2,37	-2,22	D_Ln BA	-1,14	-0,78	-1,16	-5,27	1,19	0,87	-1,11		
Ln CE	-0,53	-2,53	-1,96	D_Ln CE	-1,43	-1,06	-1,62	-5,16	1,1	0,93	-1,21		
Ln DF	-0,56	-1,28	-0,69	D_Ln DF	0,458	0,84	0,178	-2,28	0,82	0,828	-0,167		
Ln ES	-0,5	-2,07	-1,805	D_Ln ES	-0,67	-0,34	-0,869	-4,399	1,007	0,87	-0,695		
Ln GO	-0,639	-2,92	-1,93	D_Ln GO	-1,27	-0,85	-1,29	-3,57	1,022	0,9299	-0,148		
Ln MA	-0,949	-5,02	-4,48	D_Ln MA	-3,69 *	-3,26 **	-3,57 ***	-13,129	1,887	0,927	-3,67 *	ok	
Ln MT	-0,67	-4,07	-3,03	D_Ln MT	-2,95 *	-2,6	-3,09	-9,015	1,52	0,93	-3,31 *	ok	
Ln MS	-0,51	-3,01	-2,076	D_Ln MS	-1,32	-0,91	-1,53	-5,228	1,105	0,95	-2,86 *	ok	
Ln MG	-0,623	-1,86	-0,996	D_Ln MG	0	0,422	-0,1997	-1,937	0,94	0,95	-1,55		
Ln PA	-0,501	-1,76	-2,89	D_Ln PA	-1	-0,74	-1,29	-9,22	1,467	0,607	-0,611		
Ln PB	-0,56	-1,93	-1,5	D_Ln PB	-0,46	-0,11	-0,59	-3,59	0,866	0,929	-2,08 **	ok	
Ln PR	-0,64	-2,63	-1,55	D_Ln PR	-1,34	-0,92	-1,56	-1,95	0,929	0,93	-2,12 **	ok	
Ln PE	-0,7	-1,29	-1,62	D_Ln PE	-0,63	-0,334	-0,67	-2,41	0,86	0,796	-1,28		
Ln PI	-0,51	-4,31	-3,62	D_Ln PI	-3,73 *	-3,34 **	-4,12 **	-6,915	1,146	0,811	-1,24		
Ln RJ	-0,7	-1,29	-1,62	D_Ln RJ	-0,588	-0,33	-0,72	-1,944	0,927	0,672	-0,917		
Ln RN	-0,52	-2,12	-1,76	D_Ln RN	-1,14	-0,811	-1,3	-4,433	0,959	0,899	-0,626		
Ln RS	-0,49	-3,07	-2,61	D_Ln RS	-1,92 ***	-1,55	-2,27	-6,718	1,402	0,824	-2,02 **	ok	
Ln RO	-0,56	-2,74	-3,14	D_Ln RO	-1,92 ***	-1,66	-1,95	-8,013	1,259	0,758	-3,798 *	ok	
Ln RR	-1,7	-3,88	-4,99	D_Ln RR	-5,15 *	-4,82 *	-4,28 **	-13,89	1,649	0,68	-2,39 **		
Ln SC	-0,51	-2,51	-1,56	D_Ln SC	-0,64	-0,208	-0,83	-4,48	1,12	0,928	-2,43 **	ok	
Ln SP	-0,72	-2,18	-1,23	D_Ln SP	-0,65	-0,23	-0,697	-0,789	0,995	0,965	-0,7877		
Ln SE	-0,48	-2,89	-2,95	D_Ln SE	-2,06 **	-1,711	-2,22	-5,107	0,97	0,78	-1,13		
Ln TO	-1,04	-1,96	-1,9	D_Ln TO	-0,47	-0,37	0,32	-6,25	1,054	0,89	-2,83 *	ok	

Notas: 1) O símbolo * indica que representa uma significância estatística ao nível de 1%. 2) O símbolo ** indica que representa uma significância estatística ao nível de 5%. 3) O símbolo *** indica que representa uma significância estatística ao nível de 10%.

Tabela 11 - Análise dos modelos de oferta para os estados em função dos dados do Brasil

OFERTA													
Variável	t_ADF			Variável	t_ADF			a	b	R2	t_ADF		Aval.
	SC	CC	CC e T		SC	CC	CC e T				SC (ERRO)		
Ln AL	-0,393	-2,56	-2,171	D_Ln AL	-4,812 *	-4,676 *	-4,969 *	0,6406	0,588	0,3	-3,04 *		
Ln AM	0,218	1,122	-7,238	D_Ln AM	-5,163 *	-9,985 *	-9,895 *	-6,038	0,846	0,677	-3,429 *		
Ln BA	0,349	1,625	-1,667	D_Ln BA	-3,373 *	-3,244 *	-3,155 *	-5,91	1,039	0,36	-2,14 **		
Ln CE	-1,599	1,815	-1,435	D_Ln CE	-3,348 *	-3,192 *	-3,23 *	-18,378	2,143	0,224	-1,987 **		
Ln ES	0,559	1,874	-1,678	D_Ln ES	-3,398 *	-3,317 *	-3,42 *	-0,719	0,549	0,397	-3,215 *		
Ln GO	1,668	1,679	1,229	D_Ln GO	-1,186	-1,339	-2,462 **	-5,468	1,239	0,746	-1,108		
Ln MA	0,02	1,225	-0,961	D_Ln MA	-3,219 *	-3,14 *	-3,88 *	-13,453	1,805	0,727	-2,718 *	ok	
Ln MT	1,337	-0,87	-2,103	D_Ln MT	-4,239 *	-4,553 *	-4,469 *	2,086	0,399	0,141	-1,689 ***		
Ln MS	1,339	0,61	-0,396	D_Ln MS	-3,797 *	-4,024 *	-5,268 *	-3,15	0,967	0,55	-1,246		
Ln MG	1,343	0,791	-0,022	D_Ln MG	-2,666 *	-2,793 *	-3,668 *	-5,614	1,286	0,667	-0,9799		
Ln PA	-0,47	3,503	-3,498	D_Ln PA	-5,996 *	-5,823 *	-5,268 *	-0,062	0,253	0,0178	-3,72 *		
Ln PB	-0,215	2,431	-2,237	D_Ln PB	-4,74 *	-4,596 *	-4,652 *	-0,46	0,62	0,392	-3,099 *		
Ln PR	1,3	0,188	-0,57	D_Ln PR	-2,632 **	-2,722 *	-2,842 *	0,186	0,71	0,59	-2,26 **		
Ln PE	-0,386	1,927	-1,434	D_Ln PE	-4,06 *	-3,946 *	-4,256 *	-2,68	0,89	0,423	-1,92 ***		
Ln PI	-0,994	1,724	-1,951	D_Ln PI	-3,562 *	-3,51 *	-3,501 *	-4,21	0,75	0,162	-1,49		
Ln RJ	0,069	1,993	-2,108	D_Ln RJ	-5,649 *	-5,466 *	-5,646 *	-1,84	0,68	0,404	-2,44 **		
Ln RN	-0,381	2,705	-3,215	D_Ln RN	-5,623 *	-3,443 *	-5,394 *	0,25	0,41	0,09	-2,86 *		
Ln RS	0,024	1,693	-1,519	D_Ln RS	-2,422 **	-2,145 **	-2,106 **	2,11	0,065	0,0047	-1,808 ***		
Ln SP	0,518	0,361	0,644	D_Ln SP	-2,112 **	-2,077 **	-2,843 *	-1,36	1,09	0,944	-1,77 ***	ok	
Ln SE	0,332	2,689	-2,516	D_Ln SE	-3,18 *	-3,029 *	-2,718 *	1,037	0,272	0,08	-3,12 *		

Notas: 1) O símbolo * indica que representa uma significância estatística ao nível de 1%. 2) O símbolo ** indica que representa uma significância estatística ao nível de 5%. 3) O símbolo *** indica que representa uma significância estatística ao nível de 10%.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao avaliar os dados preconizados pelo referencial bibliográfico de acordo com os padrões de oferta e demanda de bioetanol hidratado para o Brasil, observou-se a presença apenas da componente tendência. Isto ocorreu devido à consideração de agregação anual. O emprego de dados em base mensal poderá levar a outros modelos pela presença de elementos sazonais típicos da produção agroindustrial, como verificado no referencial bibliográfico. Estes elementos sazonais podem ser associados à variação do comportamento do mercado (demanda) durante o ano e ao efeito da safra na produção da matéria-prima (oferta).

Para as variáveis analisadas na matriz de correlação, tanto para a oferta quanto para a demanda, foi possível concluir que a frota de veículos dedicados ao bioetanol foi a variável independente que apresentou maior correlação linear com as variáveis DT (demanda) e OT (oferta), apresentando uma capacidade de explicar a variabilidade dos dados maior do que o PIB que é uma variável agregada.

Em virtude dos resultados obtidos no teste de correlação linear entre as variáveis, do período e da forma de agregação dos dados considerados neste estudo, a inclusão das variáveis: preço do bioetanol, preço da gasolina e PIB não foram consideradas relevantes. Porém, essa situação deve ser monitorada com a finalidade de confirmação para períodos futuros e para outras formas de agregação temporal, como por exemplo, agregação mensal ou trimestral. Contudo, a variável preço de cada um dos combustíveis (gasolina e bioetanol) foi considerada na determinação da frota dedicada ao combustível bioetanol.

Foram testados os modelos de regressão linear e não linear para explicar o comportamento da demanda em função da frota de veículos dedicados a bioetanol. O modelo linear não passou no teste de cointegração mesmo com R^2 elevado, apresentando características de regressão espúria. O modelo não linear atendeu aos critérios de cointegração, indicando ser a melhor escolha para ser utilizado para estimativas de longo prazo.

Para explicar o comportamento da produção, o modelo linear não atendeu aos critérios de cointegração. O modelo não linear, tanto em função da frota dedicada a bioetanol quanto à demanda, passou nos testes de cointegração.

Os valores dos erros apresentados mostram que as estimativas realizadas possuem certo desvio do valor real e o planejador deverá tomar as decisões levando em conta esta imprecisão.

A tentativa de explicar o comportamento da demanda e produção dos estados a partir dos valores totais do Brasil apresentou modelos com R^2 elevado, porém muitos não passaram no teste de cointegração, identificando a existência de regressões espúrias que não se aplicam para estimativas em longo prazo. Para o caso da demanda, dos 27 estados apenas 10 passaram no teste de cointegração e para a produção dos 20 estados com séries históricas de produção apenas 2 atenderam aos critérios de cointegração. Logo, os modelos encontrados que não passaram no teste de cointegração podem ser usados apenas para previsão de curto prazo, pois para longo prazo apresentaram características de regressões espúrias.

Tentou-se utilizar o modelo linear para explicar o comportamento da demanda e oferta dos estados, porém os modelos finais não atenderam aos testes de cointegração. O uso do modelo não linear apresentou uma melhoria nos testes de cointegração, embora poucos estados tenham atendido aos testes, para o modelo linear, nenhum havia passado.

Conclusão

O emprego de modelos causais possibilitou a projeção futura da oferta e da demanda de bioetanol hidratado no Brasil. Havendo disponibilidade de dados, estes modelos são de emprego relativamente fácil e de baixo custo e podem apresentar bons resultados com o emprego de poucas variáveis independentes, como se apresentou neste trabalho, onde se utiliza apenas a frota de veículos dedicados a bioetanol para a previsão de oferta e demanda de bioetanol hidratado em nível nacional e estadual. Porém, a sua aplicação deve ser monitorada quanto a possíveis correções e adequações ao longo do tempo.

O procedimento apresentado proposto neste artigo facilita o entendimento do problema e ajuda na identificação e aplicação do modelo de previsão de oferta e demanda de bioetanol hidratado com abrangência nacional e estadual. Sua utilização não se limita aos

biocombustíveis, podendo ser empregado para a proposição de modelos de previsão de oferta e demanda que quaisquer tipos de carga e serve para apoiar o planejamento estratégico dos transportes.

O teste de cointegração ajuda a verificar se as variáveis do modelo possuem tendências comuns de longo prazo, o que não é mostrado pelo coeficiente de determinação e pelas medidas de erro utilizadas neste estudo.

Para os modelos dos estados, uma aplicação similar ao realizado para o total do Brasil pode ser mais adequado do que um modelo simplificado em função da oferta e demanda. Porém, devido a indisponibilidade de dados isto não foi realizado neste trabalho.

Devido aos erros apresentados, a aplicação destes modelos para previsão de fluxos que subsidiem o planejamento estratégico do transporte de carga deve ser considerado com cuidado. O uso de cenários pode ajudar a trabalhar com os erros e apoiar a tomada de decisões, um único valor para estimativa é uma informação pobre para o planejamento estratégico.

Na construção dos modelos, não se utilizou o PIB, pois, apresentou um coeficiente de correlação linear baixo e decidiu-se usar apenas a variável *Veic_Bio* devido a sua alta correlação linear com a oferta e demanda. As variáveis preços foram descartadas, pois, elas já são utilizadas para determinar o valor de *Veic_Bio*.

Na análise das variáveis demanda e oferta, verificou-se uma dependência linear entre as variáveis. No presente artigo, o comportamento dessas variáveis foi analisado de forma independente, o que pode ser melhorado e corrigido com a consideração conjunta desta dependência pelo uso de equações simultâneas.

O teste do modelo para um ano futuro (2010 e 2009) ajuda a identificar como será seu potencial de previsão oferta e demanda e representa uma contribuição se comparado aos 13 dos 14 trabalhos consultados onde este teste não é encontrado. Esta situação dificulta a avaliação da acurácia dos resultados, uma vez que não se encontrou referência quanto a

tolerância para erros de previsão.

Os modelos apresentados possibilitam a identificação de zonas onde haverá oferta e demanda de bioetanol hidratado, possibilitando a identificação de um potencial fluxo de transporte. A ocorrência ou não deste potencial fluxo de transporte depende do conhecimento da estrutura da cadeia de suprimentos do bioetanol hidratado, o que foge ao escopo deste artigo.

A estrutura da cadeia de suprimento pode variar ao longo do tempo. Logo, para uma real definição das projeções futuras dos fluxos interestaduais faz-se necessário um estudo de como prever a configuração da cadeia de suprimento.

O mesmo procedimento aplicado no presente trabalho poderá ser testado para outros combustíveis, realizando as devidas modificações de acordo com as características de cada produto que se estiver trabalhando.

Como oportunidade para estudos futuros recomenda-se a elaboração de um modelo de previsão de demanda para agregação temporal mensal, incluindo o efeito da sazonalidade e a verificação de seus impactos no planejamento estratégico de transportes. Ainda como proposta de estudos futuros, devem ser considerados o uso de equações simultâneas para realizar a estimativa conjunta entre oferta e demanda.

Outra oportunidade de estudos futuros é a análise da autocorrelação dos resíduos e da heteroscedasticidade, identificando as diferenças nas percepções de se utilizar o teste de cointegração.

Referências

- Alves, D. C. O. e Bueno, R. D. L. S. (2003) Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. *Energy Economics*, n. 25, pp. 191 - 199.
- ANP, (2010a) Informações sobre oferta e demanda de bioetanol hidratado. *Anuário Estatístico*. Disponível em www.anp.gov.br. Acesso em 21/09/2010.
- ANP, (2010b) *Informações sobre biocombustíveis no Brasil* [on line]. Disponível em www.anp.gov.br. Acesso em: 10/08/2010.
- ANFAVEA, (2011) *Anuário estatístico*. Disponível em: www.anfavea.com.br. Acesso em: 01/04/2012.
- Ballou, R. H. (2001) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial*. Trad. Elias Pereira – 4ª. Ed. – Porto Alegre: Bookman.
- BEN, (2009) Informações sobre consumo de bio-etanol. *Balanço Energético Nacional 2009: Ano base 2008*. Disponível em ben.epe.gov.br. Acesso em 26/03/2010.
- Burnquist, H. L., Bacchi, M.R.P. (2002) A demanda por gasolina no Brasil: Uma análise utilizando técnicas de co-integração. In: *XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, Passo Fundo, RS. Anais: Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira.
- Carmo, B. B. T. et al. (2009) Avaliação da demanda por biodiesel em função de um modelo de previsão de demanda por diesel. *Revista Produção on line*, vol. IX, n. III.
- D'agosto, M. A. and Ribeiro, S. K., (2009) Assessing total and renewable energy in Brazilian automotive fuels. A life cycle inventory (LCI) approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, pp. 1326–1337.
- Enders, W. (1995) *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley & Sons.
- Engle, R. F., Granger, C. W. J. (1987) Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, vol. 55. n. 2, pp. 251-276.
- Espey, M.,(1998) Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics*, v.20, n.3, p. 273-295.
- Evans, J. (1982) Psychological pitfalls in forecasting. *Future*, vol. 4, n. 4, pp. 258-265.
- Gately, D., Huntington, H. G. (2002) The asymmetric effects of change in price and income on energy and oil demand. *The Energy Journal*, vol. 23, n. 1, pp. 19-55.
- Gomez, José M. A. (2010) Fuels demand by light vehicles and motorcycles in Brazil. In: *IAEE's Rio 2010 International Conference*. Disponível em: <www.ab3e.org.br/rio2010> Acesso em: 26/03/2010.
- Goldemberg, José, Nigro, F. E. B., Coelho, S. T. (2008) *Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.
- Granger, C. W. J. and Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics* 2: 111–120.
- IBGE (2009) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Contas Nacionais Trimestrais*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 26/03/2010.
- INEAVAR (2011), *1º Inventário Nacional de Emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários*. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 01/04/2012.

- Jabir, I. (2001) The shift in US oil demand and its impacts on OPEC's market share. *Energy Economics*. vol. 23, n. 6, pp. 659-666.
- Kayser, H. A. (2000) Gasoline demand and car choice estimating gasoline using household information. *Energy Economics*, vol. 22, n. 200, pp. 331-348.
- Kotler, P. (1991) *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Marins, F. A. S. (2011) Técnicas de previsão de demanda. *Material de aula. Universidade Estadual Paulista*. Disponível em www.feg.unesp.br.
- Marjotta-Maistro, M.C. (2002) Ajuste nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação. *Tese (Doutorado em Economia Aplicada)*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba.
- Moreira, A. R. B (1996) *Modelos para a projeção do consumo nacional e regional de óleo diesel*. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas - IPEA/DIPES, Rio de Janeiro.
- Novaes, A. G. *Sistemas de Transportes. Volume 1: Análise da Demanda*. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.
- Phillips, P. (1986), Understanding Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, vol. 33.
- Pinto J. et al. (2006) *Matriz Brasileira de Combustíveis*. Grupo de Economia de Energia – Instituto de Economia/UFRJ e Centro de Gestão de Estudos Estratégicos – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.
- Simchi-Levi, D. et al. (2003) *Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão – Conceitos, Estratégias e Estudos de Caso*. Porto Alegre: Bookman.
- Schünemann, L. A (2007) Demanda de gasolina automotiva no Brasil: O impacto nas elasticidades de curto e longo prazo da expansão do GNV e dos carros flex. *Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Economia)*. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro.
- Stevenson, W. J. (1981) *Estatística Aplicada à Administração*. São Paulo: Editora Harbra Ltda.
- UNICA, (2012) *Informações sobre produção de bioetanol hidratado no Brasil*. Disponível em <www.unica.com.br> Acesso em 09/04/2012.
- Wanke, P., Julianelli, L. *Previsão de Vendas*. Editora Atlas – 1ª Edição – Rio de Janeiro, 2006.
- Zanini, A. (2000) Redes neurais e regressão dinâmica: um modelo híbrido para a previsão de curto prazo da demanda de gasolina automotiva no Brasil. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica: Teoria e Controle e Estatística) – Departamento de Engenharia Elétrica*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.