RECEBIDO
22/06/2016
APROVADO
06/09/2016

# O Impacto da Crise de Crédito de 2008 no Setor Sucroenergético: Um Estudo Econométrico

## *The Impact of the 2008 Credit Crisis on the Sugarcane Sector: A Study Econometric*

Flávia de Castro Camioto[1] - Univ. Federal do Triângulo Mineiro - Inst. de Ciências Tec. e Exatas - Dep. de Eng. de Produção
Herick Fernando Moralles[2] - Univ. Federal de São Carlos - Dep. de Eng. de Produção
Rafael Machado[3] - Univ. Federal do Triângulo Mineiro - Dep. de Eng. de Produção

**RESUMO** O setor sucroenergético contribuiu com, aproximadamente, 2% do Produto Interno Bruto brasileiro, além de gerar mais de 600 mil empregos em cerca de mil municípios. Considerando a relevância desse setor, o presente trabalho tem como objetivo determinar as principais variáveis que impactam o crescimento do setor sucroenergético brasileiro. Para isso, foram utilizadas técnicas econométricas que quantificaram o impacto de cada variável estudada no crescimento do Produto Interno Bruto desse setor, entre 1980 e 2013. Foi realizada também uma análise do impacto da crise de crédito de 2008 no seu crescimento. Os resultados indicam que as variáveis que impactam o crescimento do setor sucroenergético são: taxa de câmbio, consumo de álcool carburante e preço médio do barril de petróleo. Além disso, verificou-se que a crise de 2008 contribuiu negativamente para o seu PIB. Ademais, verificou-se que a crise nesse setor teve origem com o otimismo do setor, devido ao grande crescimento dele em 2006 e aos fatores globais no ano de 2008. Isso se refletiu nas variáveis estudadas, como taxa de câmbio e o consumo de álcool carburante, que acabaram por impactar negativamente o crescimento desse setor.

**Palavras-chave:** Setor sucroalcooleiro. Crise de 2008. Produto Interno Bruto. Econometria.

***ABSTRACT*** The sugarcane industry contributes approximately 2% to the Brazilian GDP, and generates more than 600,000 jobs in nearly a thousand cities. This study aims to determine the main variables that affect the growth of the Brazilian sugarcane sector. For this, econometric techniques were used to quantify the impact of each variable studied in the growth of Gross Domestic Product in this sector from 1980 to 2013. A specific analysis of the impact of the 2008 credit crisis on growth this sector was also performed. The results showed that the variables that impact the growth of Brazilian sugarcane industry are: exchange rate, fuel alcohol consumption, and the average price of a barrel of petroleum. Moreover, it was found that the 2008 crisis contributed negatively to the GDP of this sector. It was possible to conclude that the crisis in this sector had its origin in the optimism in this sector, due to the growth of the sector in 2006 and the global factors in 2008, which was reflected in variables such as exchange rate and the consumption of alcohol fuel, that negatively impacted the sector.

***Keywords:*** Sugar and alcohol sector. 2008 crisis. Gross Domestic Product. Econometrics.

1. Avenida Doutor Randolfo Borges Júnior, 1250, Bairro Univerdecidade, Uberaba, Minas Gerais, CEP: 38025-180, flaviacamioto@yahoo.com.br;
2. herickmoralles@dep.ufscar.br; 3. rafael.producao01@gmail.com

CAMIOTO, F. C.; MORALLES, H. F.; MACHADO, R. O Impacto da Crise de Crédito de 2008 no Setor Sucroenergético: Um Estudo Econométrico. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez/2017, p. 159-182.

**DOI**: 10.15675/gepros.v12i4.1776

# 1. INTRODUÇÃO

Em um período de mudanças climáticas e aumento das restrições das emissões, é importante se concentrar no desenvolvimento de economias de baixas emissões de carbono. Nesse cenário, o Brasil é um dos maiores figurantes frente a novas alternativas energéticas de fontes renováveis e economicamente viáveis. O estudo de La Rovere e Simões (2008), que analisou a disponibilidade de fontes de energia renováveis no Brasil, concluiu que a matriz energética brasileira é relativamente limpa. As fontes renováveis representam 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil (BEN, 2015).

A extensão territorial do Brasil e o clima favorável ao plantio de cana de açúcar contribui para esse cenário. Os derivados da cana correspondem a 15,7% da oferta de energia interna no país (BEN, 2015). Além disso, o Brasil conta com o etanol de cana de açúcar, o que faz com que o país possua maior vantagem competitiva em relação aos outros produtores de etanol, devido aos baixos custos de produção.

Esses números evidenciam a relevância dada a essas fontes na matriz energética brasileira. O Ministério de Minas e Energia (MME, 2007) prevê, para a matriz energética em 2030, que o segmento formado por cana de açúcar e derivados corresponderá a aproximadamente 19% de toda matriz energética brasileira, ficando atrás apenas da energia oriunda de petróleo e seus derivados, com aproximadamente 28%.

Com relação aos mercados tradicionais dos produtos oriundos da cana de açúcar, que são o álcool e o açúcar, o Brasil apresenta um papel de destaque internacional. O país, na safra 2004/2005, foi responsável por 20% da produção mundial de açúcar e 37% da produção de álcool no mundo. Segundo Neves et al. (2014), tal produção correspondeu, no ano de 2012, a 2 % do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro.

Vale mencionar, ainda, que o protocolo de Kyoto possibilitou que, além dos tradicionais mercados possíveis para os produtos oriundos da cana de açúcar (açúcar, álcool e energia), o Brasil, e consequentemente o setor sucroenergético, entrasse em um novo e promissor mercado, o de créditos de carbono. Por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o Brasil, em 2012, ficou em terceiro lugar em números de projetos registrados, atingindo a marca de 207 projetos, o que equivale a 3% do total, atrás apenas da China e Índia (com 50% e 20% do mercado, respectivamente) (BANCO MUNDIAL, 2014).

A contribuição desse setor para o país estende-se também ao número de empregos gerados. O setor contribui com aproximadamente 10 vezes mais funcionários do que o setor petrolífero, 623.152 contra 67.283 funcionários diretos no ano de 2012, além de ter um alcance maior, abrangendo 998 municípios a mais (NEVES et al., 2014). Tornando-o assim, o mercado de *commodity* que mais emprega no Brasil.

Como constatado por CAMPOS et al. (2011), as *commodities* apresentaram alta na primeira metade da década dos anos 2000, devido aos baixos juros, expansão da liquidez mundial e de crescimento global acelerado. Porém, com a crise financeira em 2008 essa alta continuada foi interrompida, gerando uma crise que perdura nacionalmente até hoje.

A crise financeira de 2008 impactou todo o setor sucroenergético. Primeiramente, ocorreu uma retração da economia mundial, fruto da incerteza de créditos e instabilidade mundial. Com isso, houve a diminuição de investimentos e, consequentemente, veio as demissões em massa, com as usinas de açúcar diminuindo a produção, e, portanto, a oferta de energia proveniente do bagaço de cana. Outra consequência foi a queda da venda de veículos *flex fuel*. A junção desses fatores levou a queda de arrecadação de impostos pelo governo, entre outros fatores (UNICA, 2015).

Dada a relevância deste setor para a economia nacional, alguns trabalhos já estudaram o setor sucroenergético, como, o de Moreira, Gurgel e Seabra (2014), que estudou o ciclo dos gases do efeito estufa para combustíveis de cana de açúcar; o de Silva et al. (2014) que analisou as perspectivas de longo prazo para o perfil ambiental do etanol de cana avançada; ou o de Jena e Poggi (2013), que realizaram um planejamento da colheita na indústria de cana de açúcar brasileira. Há, ainda, o trabalho de CAMPOS et al. (2011) que correlacionou a produção e preço do açúcar com o preço de outras *commodities*, inclusive o petróleo. Porém, o autor não checou como tais variáveis impactaram no PIB do setor sucroenergético. Ressalta-se, ainda, que este trabalho compreende até o horizonte de 2009, sem fazer uma análise específica do período da crise.

Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar o impacto da crise de crédito de 2008 no crescimento do setor sucroenergético brasileiro com a utilização de técnicas oriundas da econometria. Além disso, esse estudo visa realizar uma análise específica do comportamento dessas variáveis ao longo dos anos, principalmente, a partir de 2008.

Salienta-se que a importância de se conhecer o impacto de variáveis chaves a partir do ano de 2008, período de grande impacto da crise econômica para o setor sucroenergético, e a sua conjuntura nos demais períodos, é para que os *stakeholders* compreendam como essas variáveis impactam diretamente o negócio sucroenergético e o seu respectivo crescimento econômico. Deste modo, busca-se com essa pesquisa fornecer informações relevantes sobre o comportamento dessas variáveis e, assim, permitir às empresas desse setor, bem como ao poder público, estabelecerem estratégias mais adequadas em momentos de crise, tendo como auxílio tais informações.

# 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1. Setor sucroalcooleiro

Segundo Prado Júnior (2006), o clima quente e úmido dos litorais brasileiros favoreceu a produção de cana-de-açúcar, especialmente no Nordeste, devido ao seu solo massapê. Já a primeira aparição do etanol na matriz energética brasileira, é oriunda de um decreto de lei, nº 737 de 1931 assinado pelo então presidente Getúlio Vargas, obrigando a adição de etanol na gasolina importada, na época, uma mistura de 95% de gasolina e 5% de etanol anidro (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015; SENADO, 2015).

No entanto, vale mencionar que grande parte do sucesso do álcool se deve ao PROÁLCOOL - Programa Brasileiro de Álcool – que foi lançado, pelo Decreto no 76.593, com o intuito de incentivar o aumento da produção de etanol como substituto para a gasolina.

O PROÁLCOOL entrou em vigor em 1975 e foi classificado por Oliveira (2002) como um dos esforços mais ambiciosos do mundo em produzir uma fonte de energia de biomassa como substituto ao petróleo. Segundo Xavier (2007), o programa buscava a segurança energética nacional, bem como um programa de subsídios à agricultura para ampliação do setor.

A motivação principal para o Programa foi o primeiro choque de preços do petróleo, em outubro de 1973, e a necessidade de aproveitar a ociosidade do parque industrial sucroalcooleiro. A segunda fase (1979-1985) ocorreu com a implantação de destilarias autônomas e terminou com a falta de álcool hidrata-

do nas bombas dos postos combustíveis. Nesse período o PROÁLCOOL atingiu o auge, com a estruturação de uma rede de incentivos fiscais e financeiros. Na terceira fase (1990-1999) predominou um padrão de preços baixos do petróleo no mercado internacional, desestruturação do sistema de apoio e continuidade parcial do processo intervencionista governamental na produção e nos mercados dos produtos setoriais, o que culminou no excesso de produção de etanol e queda dos preços. A quarta fase, a partir de 2000, iniciou-se com a renovação do PROÁLCOOL, principalmente, por meio de ações corporativas, marcada pela liberação de preços dos produtos setoriais, introdução dos veículos *flex fuel*, possibilidades de aumento nas exportações de etanol e patamares de preços elevados de petróleo no mercado mundial (VEIGA FILHO; RAMOS, 2006).

Destaca-se que as perspectivas favoráveis para a expansão do álcool se devem, não só por causa dos benefícios ambientais da mistura álcool/gasolina, em termos da valorização crescente de reduções na poluição do ar, mas, também, por conta das boas perspectivas para a rápida difusão de veículos "multicombustível" e o "*flex fuel*" (MME, 2007).

É importante considerar que, o PROÁLCOOL oficial já foi extinto, uma vez que o uso do etanol tornou-se impulsionado pelas forças do mercado, mas é importante lembrar que o arranque do Programa nos anos setenta foi fortemente baseado em políticas públicas, destinadas a fomentar a produção de etanol. O financiamento público atingiu até 90% do investimento necessário para construir uma nova destilaria e até 100% do investimento necessário para aumentar a área de cana cultivada. Entre as condições, que eram, em geral, extremamente favoráveis para o produtor, podemos destacar: taxas de juros negativas, 3 anos de carência e 12 anos para pagar o empréstimo. Além disso, o governo estabeleceu os preços mínimos do etanol, que eram mais atraentes, visto o preço do açúcar. Esta política representou um enorme subsídio à cana de açúcar e aos produtores de etanol (LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

No entanto, é importante destacar que, segundo La Rovere, Pereira e Simões (2011), apesar dos subsídios públicos, agora eliminados, terem sido fundamentais para o sucesso do programa PROÁLCOOL na sua fase inicial, o mesmo teria sido em vão se o setor subsidiado não tivesse investido em P&D, visando crescimento produtivo e progresso técnico. Tais investimentos se refletiram nas lavouras de cana, no processamento de cana de açúcar e na produção de carros a álcool e *flex fuel*.

## 2.2. Mercado de energia

Além dos produtos tradicionais do setor sucroenergético: açúcar e etanol, Goldemberg e Moreira (1999) ressaltam que o subproduto da cana de açúcar, em específico o dejeto, passou a ser utilizado como matéria prima para queima (biomassa) a fim de gerar energia (cogeração). O uso dessa tecnologia propicia uma redução do custo de etanol, e aumenta também a eficiência do processo visto que 90% do bagaço é queimado, já que, segundo o BEN (2014), boa parte das usinas vendem energia para a rede. Eles destacam, também, que para cada tonelada de cana, em média, é produzido 280kg de bagaço, o que equivale a 2,1 Gj por tonelada. Tornando o setor sucroenergético muito atrativo a investidores.

Segundo o BEN (2014), o Brasil utilizou em sua matriz energética 41% de fontes renováveis, em 2013, enquanto o resto do mundo utiliza cerca de 14%. Em 2014, só o bagaço de cana foi responsável por 10,8% do consumo final no Brasil (BEN, 2015). O balanço final é altamente positivo com relação às emissões de gases de efeito estufa, em função do processo de fotossíntese, em que a cana-de-açúcar absorve a mesma quantidade de dióxido de carbono, que é emitida durante a queima do bagaço (PNMC, 2008).

Goldemberg e Moreira (2005) enfatizam que a utilização da biomassa no Brasil é fruto de uma união de fatores, como acesso a matéria prima, mão de obra barata, uma rápida industrialização e a experiência do uso da energia em larga escala.

## 2.3. Setor sucroalcooleiro e crise econômica de 2008

Em 2008, ocorreu a crise de crédito, causado por um aumento de crédito no mercado norte americano. Allan Greenspan, o então presidente do Federal Reserve, banco central norte americano, impôs uma política de juros baixos, o que culminou em um aumento de investimento imobiliário.

Inicialmente, os bancos trabalhavam com clientes *prime*, com bom histórico e baixo risco de inadimplência, porém, para aumentar os lucros, retiraram as barreiras de entrada para, assim, aumentar o número de clientes. Posteriormente, começaram a oferecer "créditos *subprime*", que são créditos a pessoas de alto

risco que queriam hipotecar suas residências. Isso tornou-se, a princípio, um investimento atrativo para *Wall Street* que demandava cada vez mais pessoas no sistema para ser lucrativo. Este, por sua vez, negociou tais créditos em vários países do mundo (REBÊLO, 2010).

Rebêlo (2010) enfatiza que esse aumento de crédito acabou levando a alarmantes índices de inadimplência, o que economistas chamam de "bolha imobiliária". Com o aumento de inadimplência, os valores das casas caíram abruptamente, e o comércio de hipotecas tornou-se não lucrativo, tornando o investimento inútil.

O reflexo global dessa crise, foi a oscilação de inúmeros índices e variáveis, tais como o preço do barril de petróleo, que saiu da marca de cem dólares o barril, para valores inferiores a sessenta. De maneira geral, o petróleo indica os preços das *commodities*, causando assim uma desvalorização do preço internacional do açúcar.

Com a oscilação causada nos mercados internacionais, devido à crise de crédito e diminuição da rentabilidade, surgiu um endividamento crescente do setor sucroenergético. Esse endividamento deve-se, sobretudo, aos altos investimentos realizados nas safras anteriores à crise financeira internacional de 2008, motivados pelos cenários favoráveis ao etanol e ao açúcar. O principal motivador do etanol foi o aumento da frota de carros *flex* e o  do açúcar foi o crescimento do consumo nos países emergentes (NEVES et al., 2014).

Neves et al. (2014) afirmam, ainda, que o PIB do setor sucroenergético cresceu aproximadamente 44% em relação a 2008, mas não só pelo PIB poderíamos caracterizar as consequências da crise nesse setor, mas, também, pelo número de empregos que gerou ou deixou de gerar, a quantidade de açúcar/álcool produzida, a quantidade de energia produzida por cogeração, o número de usinas em funcionamento, entre outros.

Diante do apresentado, esta pesquisa pretende identificar e analisar as variáveis que impactam o crescimento do setor sucroenergético. Uma vez selecionadas essas variáveis, pretende-se estudar os seus comportamentos no período anterior a 2008, e no período posterior, até 2013. Estudos econométricos serão realizados para entender como essas variáveis impactaram o PIB do setor.

# 3. MÉTODO

Para o desenvolvimento do trabalho, escolheu-se o suporte das técnicas econométricas, que permitem quantificar e testar a existência de alguma relação funcional estatisticamente significante entre um conjunto de variáveis.

Para executar corretamente uma análise econométrica deve-se ter um modelo bem estabelecido, composto por variáveis dependentes e independentes (ou explanatórias), seja ele formulado pelo pesquisador, ou um modelo matemático teórico. Uma representação de modelo econométrico é apresentada na Equação (1).

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X + \mu \quad (1)$$

Em (1), Y é a variável dependente, fruto da combinação das demais. Os β são parâmetros do modelo, ou seja, o impacto da variável explanatória associada a variável independente, X. Já o μ, é o termo de erro, uma variável com propriedades probabilísticas conhecidas. Essa variável explica fatores que não foram levados em consideração no estudo.

## 3.1. Modelo proposto e variáveis a serem analisadas

Tendo em vista o objetivo declarado, a equação esperada da análise econométrica é expressa em (2).

$$PIB_t = \beta_1 + \beta_2 Crise_t + \beta_3 PB_t + \beta_4 CEC_t + \beta_5 FBKF_t + \beta_6 CAC_t + \beta_7 TX_t + \mu_t \quad (2)$$

Assim, no presente trabalho, foram selecionadas, primeiramente, seis variáveis para realizar a análise do impacto no crescimento do setor sucroenergético brasileiro, são elas:

- **PIB: Produto Interno Bruto Sucroenergético.** *Proxy*: Quantidade de cana de açúcar. A princípio a variável PIB do setor sucroenergético seria utilizado para representar o crescimento econômico desse setor. No entanto, por falta de disponibilidade de dados adotou-se uma variável *proxy*. A *proxy* em questão, foi dada pela produção de cana de açúcar em quantidade. A escolha por uma variável monetária acarretaria o problema das trocas das moedas brasileiras, o que impactaria na analise econométrica. A esco-

lha por essa *proxy* deu-se, também, por ser uma variável atemporal, isenta de oscilações cambiais ou inflação, permitindo, assim, realizar um estudo mais assertivo sobre o período de crise.

- **CRISE:** A variável *dummy*, ou dicotômica, é utilizada para detectar a presença ou ausência de determinada característica, nesse caso, se a crise impactou ou não o setor no período de 2008-2012. O valor 1 representaria a existência de tal característica e 0 a ausência.
- **PB: Média do preço do barril de petróleo.** Como destacado por CAMPOS et al. (2011), o aumento do preço do barril de petróleo, sinaliza em geral, o aquecimento do mercado internacional, que ocasiona o aumento do preço das *commodities*. Com o aumento do preço do açúcar internacional, torna-se interessante para a produção nacional exportar açúcar, o que explica também a influência da taxa de câmbio. Além disso, o petróleo está atrelado, como insumo, a toda cadeia produtiva da produção da cana de açúcar.
- **CEC: Consumo final por fonte (Bagaço da cana).** Assim como o CAC, o CEC está relacionado diretamente às políticas de incentivo do governo, da produção de energia mais limpa e de uma diversificação da matriz energética nacional. Porém, segundo dados do BEN (2014), temos que metade da energia produzida pelo setor é consumida dentro das próprias usinas, não impactando efetivamente no mercado total de energia, demonstrando assim que a atual política de diversificação não é totalmente efetiva.
- **FBCF: Formação Bruta de Capital Fixo.** É o indicador que mede quanto as empresas aumentaram seus bens de capital fixo, ou seja, bens que servem para produzir outros bens, sendo eles, máquinas e equipamentos, construções e outros (BANCO CENTRAL,2001). Indica, também, se a capacidade produtiva do país está crescendo, e se os empresários estão confiantes no país. Em suma, é uma prévia da identificação de uma crise, com a queda do indicador, há fortes indícios do incrédulo de empresários no país (IPEA,2015).
- **CAC: Consumo de Álcool Carburante.** Segundo Baccarin (2005), o consumo e produção de álcool carburante sempre esteve relacionado com políticas públicas nacionais e subsídios do governo. De tal maneira, observa-se que no período de 1985-1990, com a diminuição das políticas a favor do álcool, seu consumo cai vertiginosamente. Assim, o setor sucroenergético produziu principalmente açúcar, voltando a produção de álcool a crescer

apenas com a entrada de veículos *flex-fuel* no mercado. Tal variável pode contribuir para a compreensão de políticas nacionais de incentivo ao setor, principalmente no setor energético.

- **TX: Taxa de Câmbio**. Como demonstrado por CAMPOS et al. (2011), a relação direta entre a produção de açúcar com a produção de álcool está atrelada indiretamente a desvalorização da moeda doméstica, o aumento do câmbio, o que propicia um aumento das exportações de açúcar. Este autor ainda destaca o quão importante é o mercado externo para o açúcar brasileiro, e, também, o quão representativo é o Brasil para o mercado internacional do açúcar. Sendo assim, evidencia-se a importância da taxa de câmbio para a comercialização brasileira.

Os dados utilizados para a análise foram coletados de 1980 até 2013, devido a disponibilidade de dados, e são apresentados no Quadro 1. Ressalta-se que a inflação das variáveis monetárias foi descontada, considerando o IPCA para o ano base de 1980.

Quadro 1 - Nomes e fontes das variáveis.

| Variável | Abreviação | Unidade de Medida | Fonte |
|---|---|---|---|
| Produto Interno Bruto | PIB | Tonelada | IPEA |
| Índice de Preços ao Consumidor Amplo | IPCA | 5 a.a. | IPEA |
| Consumo de Álcool Carburante | CAC | Barris/Dia (mil) | Banco Central do Brasil |
| Taxa de câmbio | TX | R$/US$ | IPEA |
| Preço médio do barril de petróleo | PB | US$/Barril ano base 2015 | MCMAHON |
| Crise 2008-2012 | CRISE | *Dummy* | Elaborado pelo autor |
| Consumo final por fonte de energia | CEC | TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo) | Balanço Energético Nacional |
| Formação Bruta de Capital Fixo | FBCF | US$ - Ano de referência 2005 | Banco Mundial |

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 3.2. Procedimento de pesquisa

Após a coleta dos dados, as variáveis foram analisadas com o *software* STATA 12®, bem como foi realizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a verificação de raiz unitária (série não-estacionária).

Em seguida, foi testada a hipótese de autocorrelação serial, que segundo Gujarati (2006), é a correlação dos componentes de uma série, ordenados no tempo ou espaço. Para determinar a existência de autocorrelação, usou-se o teste de Breusch-Godfrey.

O último teste a ser executado é o teste de cointegração, que visa determinar se as séries (variáveis não-estacionárias) possuem ou não uma relação a longo prazo (não espúria). Para tal análise, escolheu-se o teste de Johansen, que busca introduzir defasagens com a finalidade de tornar o modelo estacionário (MARGARIDO,2004).

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foi realizado o teste ADF para verificar a estacionariedade das variáveis, indicando a ausência de raiz unitária com 5% de significância. Porém, uma investigação mais apurada, realizada por meio de regressões das variáveis sobre seus valores defasados, apresentou parâmetros muito próximos da unidade.

Assim, segundo Bueno (2012), tendo em vista que o teste ADF apresenta baixo poder ante a presença de médias móveis perto do círculo unitário, optou-se pela realização do teste KPSS (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin), cuja hipótese nula é de estacionaridade da série. Tais resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Teste KPSS.

| Variável | Test Statistic | 1% critical value | 5% critical value | 10% critical value | Resultado (5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| ln PIB | 0,255 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | não-estacionário |
| ln PB | 0,407 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | não-estacionário |
| ln CEC | 0,120 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | estacionário |
| ln FBKF | 0,221 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | não-estacionário |
| ln CAC | 0,210 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | não-estacionário |
| ln TX | 0,425 | 0,216 | 0,146 | 0,119 | não-estacionário |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que, com exceção da variável ln CEC, que foi não estacionária ao nível de significância de 10%, todas as variáveis são não estacionárias com $p<0,05$.

Com relação à cointegração, o resultado do teste de Johansen apontou para a rejeição da hipótese nula (inexistência de cointegração). Tal qual apresentado na Tabela 2, observa-se a identificação de quatro vetores de cointegração, indicando que existe uma associação de longo prazo (não-espúria).

Tabela 2 – Teste de Johansen.

| maximum rank | Parms | LL | eigenvalue | trace statistic | critical value |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 56 | 178,9363 | - | 197,2791 | 124,24 |
| 1 | 69 | 210,5646 | 0,86148 | 134,0225 | 94,15 |
| 2 | 80 | 232,6601 | 0,74866 | 89,8316 | 68,52 |
| 3 | 89 | 249,9539 | 0,6607 | 55,244 | 47,21 |
| 4 | 96 | 262,9381 | 0,55582 | 29,2755* | 29,68 |
| 5 | 101 | 272,9047 | 0,46362 | 9,3424 | 15,41 |
| 6 | 104 | 277,5089 | 0,25006 | 0,1339 | 3,76 |
| 7 | 105 | 277,5759 | 0,00418 | | |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, realizaram-se os testes de Breusch-Pagan e Breusch-Godfrey, o quais rejeitaram a existência de heteroscedasticidade e autocorrelação serial com p-valores de 0,1698 e 0,6535, respectivamente. Assim, os resultados finais da regressão por mínimos quadrados ordinários são apresentados na Tabela 3, em que os parâmetros podem ser interpretados em termos de elasticidades, tendo em vista que todas as variáveis do modelo estão em termos de logaritmos naturais.

Tabela 3 – Resultados do modelo estimado.

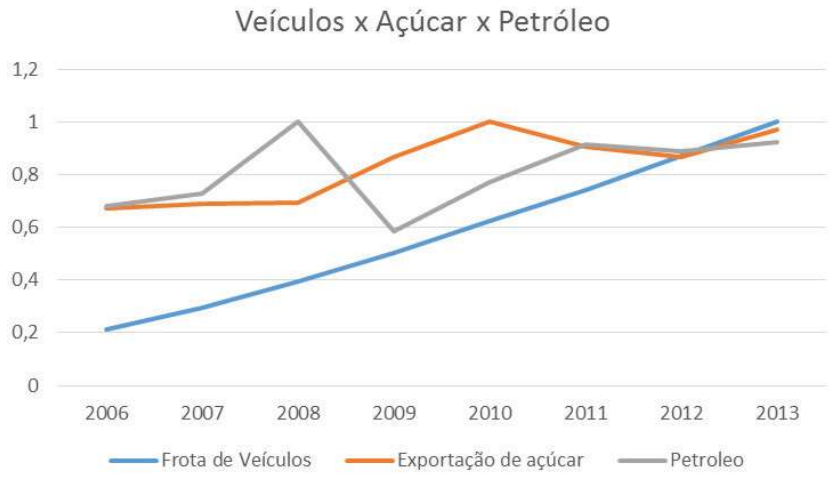
| ln PIB | Coef. | Std. Err. | T | P>\|t\| | [95% Conf. | Interval] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| crise | 0,129 | 0,037 | 3,500 | 0,002 | 0,053 | 0,205 |
| ln PB | 0,046 | 0,021 | 2,170 | 0,039 | 0,002 | 0,089 |
| ln CEC | 0,820 | 0,050 | 16,360 | 0,000 | 0,717 | 0,922 |
| ln FBKF | 0,222 | 0,076 | 2,920 | 0,007 | 0,066 | 0,379 |
| ln CAC | 0,100 | 0,033 | 3,030 | 0,005 | 0,032 | 0,168 |
| ln TX | 0,115 | 0,055 | 2,080 | 0,047 | 0,001 | 0,228 |
| _cons | 4,461 | 1,992 | 2,240 | 0,034 | 0,374 | 8,548 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Encontrou-se então uma equação na qual todas as variáveis são estatisticamente relevantes, com $p<0,05$. Além disso, observa-se que, durante o período de 2008-2012, houve um impacto no PIB do setor sucroalcooleiro devido à crise, como pode ser observado por meio da variável *dummy*. Isso denota que o período de crise não afetou a trajetória de crescimento do setor, tendo em vista que em apenas um ano (2012) houve declínio no PIB real do setor, que imediatamente voltou a crescer. Tal atraso na ocorrência de um impacto negativo no PIB pode ser explicado devido ao estoque nacional de produtos acabados, ocorrendo um real impacto no setor somente quando esse estoque chegou ao fim. Já o seu posterior crescimento está atrelado ao aumento do preço do barril de petróleo e também do consumo de álcool carburante, devido a retomada das vendas de veículos *flex* no país.

O Gráfico 1 ilustra o crescimento constante da frota de veículos movida a álcool no país. Esse crescimento foi motivado pelas altas no preço da gasolina, e as oscilações das exportações do açúcar, além das variações do preço do petróleo que, segundo CAMPOS et al. (2011), reflete-se diretamente no açúcar. Esses fatos resultaram na oscilação do PIB.

Gráfico 1 - Oscilação de veículos, açúcar e petróleo.

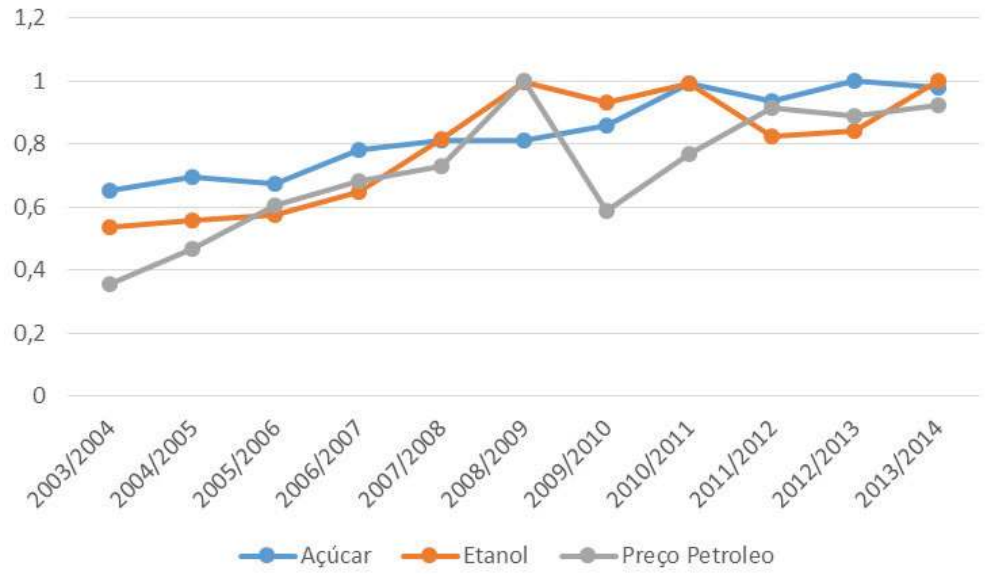



Fonte: Elaborado pelos autores.

As variáveis TX e CAC, conforme os resultados encontrados, contribuíram para um aumento do PIB, sendo que a taxa de câmbio teve elasticidade proporcionalmente maior para o PIB do setor. Já a variável PB demanda atenção, visto que seu valor, historicamente, oscilou muito, e está diretamente relacionado a políticas internacionais. O preço do barril de petróleo, como já demonstrado, apresentou grandes variações. Na atual conjuntura, na qual o Brasil possui bacias para se tornar autossuficiente e as grandes potências petrolíferas do mundo passam por percalços de cunho social, torna-se ainda mais importante para a estabilidade do setor que o Brasil vire uma potência petrolífera.

Porém, tanto em Campos et al. (2011) como no Gráfico 2, que relaciona a produção de açúcar e álcool com o preço do petróleo, observou-se que a queda de produção de etanol está relacionada ao aumento da produção de açúcar. Isso pode ser justificado por: preço de *commodities*, variações do mercado internacional e variações do preço do barril de petróleo.

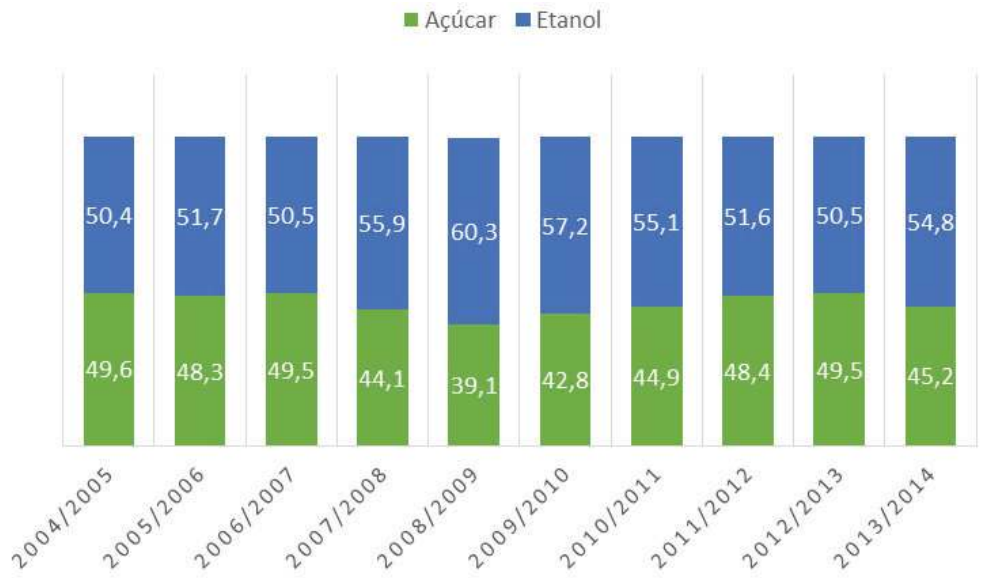
Gráfico 2 - Relação açúcar, etanol e preço do petróleo.




Fonte: Adaptado de UNICA (2015).

A participação do açúcar e etanol para o setor pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Participação do etano e açúcar por safra.




Fonte: UNICA (2015).

Apesar da maior participação do etanol nas últimas safras, o maior investimento continua sendo no açúcar, como é possível observar no Gráfico 4.

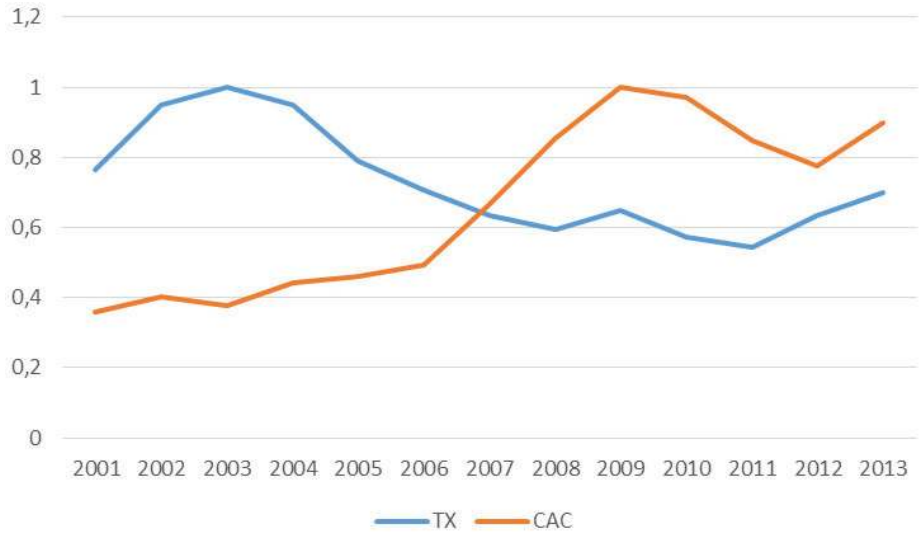
Gráfico 4 - Investimento no setor por tonelada.




Fonte: UNICA (2015).

Ao analisar os resultados da Tabela 3, acerca das contribuições do açúcar e etanol para o PIB do setor, é importante considerar principalmente as variáveis CAC e TX (Gráfico 5). Sendo possível observar que em relação ao PIB, sempre que a TX está alta, torna-se vantajoso a produção de açúcar, como constatado por Campos et al. (2011). Porém, com a sua queda, alavanca o consumo do álcool carburante, visto que não é interesse aos usineiros exportar o açúcar, devido a baixa rentabilidade nesse caso.

Gráfico 5 - Relação CAC e TX.

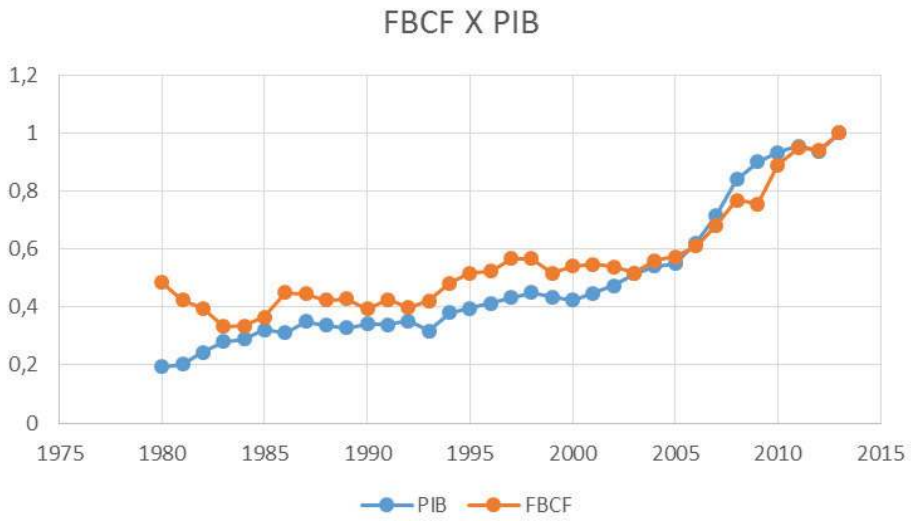



Fonte: Elaborado pelos autores.

A variável FBCF apresenta a mesma constatação do cenário exposto por Neves et al. (2011), pois este setor endividou-se para expandir o segmento, com a expectativa de que o crescimento de anos anteriores permanecesse. Porém, com a conjuntura global da crise de créditos, tal investimento não se mostrou válido, alavancando e desencadeando a crise.

O Gráfico 6 ilustra a relação da FBCF com o crescimento do PIB. Nele observa-se o otimismo do setor, retratado pelo crescimento do FBCF nos anos de 2002 até 2007. Ressalta-se que o ano seguinte, de 2008, foi o marco para crise, causando uma drástica queda de investimento, que se refletiu na estabilização do PIB do setor nos anos subsequentes.

Gráfico 6 - Relação PIB e FBCF.

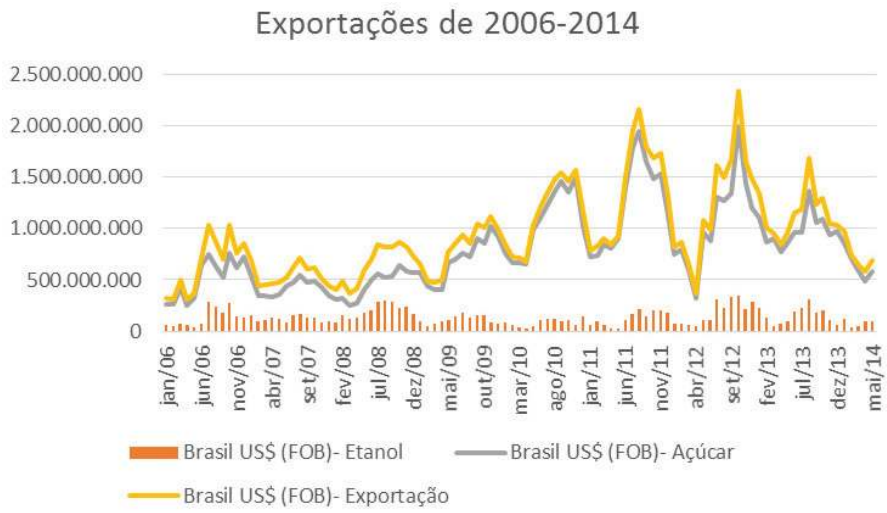



Fonte: Elaborado pelos autores.

A contribuição da FBCF para o estudo faz-se necessária para a compreensão do otimismo do setor e quais variáveis contribuíram para tal. Campos et al. (2011) destaca que a relação do PIB do setor sucroenergético com as oscilações de mercados internacionais e do índice CRB (*Commodity Research Bureau*), índice de valores das *commodities*, afeta diretamente a comercialização de açúcar, que, por sua vez, atua no PIB desse setor.

Tal crise impactou severamente o Brasil, ocasionando uma perda de R$ 20 bilhões em capital externo na BOVESPA (REBÊLO,2010). Esse impacto repercutiu também no setor sucroenergético devido à queda de exportações, o que diminuiu a demanda. As oscilações de exportação de álcool e açúcar podem ser observadas no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Oscilação de exportações 2006-2014.




Fonte: UNICA (2015).

Com a oscilação causada nos mercados internacionais, devido à crise de crédito e diminuição da rentabilidade, surgiu um endividamento crescente do setor sucroenergético. Essas dificuldades são refletidas no fechamento de cerca de 50 usinas sucroenergéticas desde 2008. Toledo (2015) destaca que, além de usinas fechadas, as dívidas das usinas que se encontravam em recuperação judicial, 67, aumentam, girando em torno de R$13 bilhões.

Com o fechamento das usinas, houve a redução de 300 mil empregos diretos e indiretos no setor. Segundo Neves et al. (2014), os empregos no setor sucroenergético correspondem 1,3% de empregos no Brasil e, ao contrário dos empregos gerados pelo petróleo, se estendem pelo país, em todos os estados e em 1.140 municípios.

Vale destacar, ainda, algumas políticas públicas de investimento no setor sucroenergético, tanto em forma de subsídios quanto em valores que incentivem a P&D. Para expandir e diluir as pesquisas no Brasil, em 1999, criou-se os Fundos Setoriais de Ciências e Tecnologia que financiam projetos locais, contudo, apenas 0,5% dos projetos financiados envolvem o setor sucroenergético, com um repasse anual de R$64 milhões entre bolsas de pesquisa e fundo do Banco Nacional do Desenvolvimento. Existe ainda o incentivo ao setor privado para P&D que gira em torno de R$80 milhões/ano (NOVA CANA,2015).

Esses investimentos públicos possibilitaram o aperfeiçoamento dos motores movidos a álcool na década de 70, no auge do investimento no setor, a criação de motores *flex-fuel* e mais recentemente viabilizou a produção de álcool de segunda geração. Salienta-se, porém, que para a fabricação de tais tecnologias, foi preciso investimento privado em pesquisa de tecnologias novas, movimentando a economia brasileira.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta pesquisa, foi possível identificar variáveis que contribuem para a formação do PIB do setor sucroalcooleiro, sendo elas, o preço do barril de petróleo, consumo de álcool carburante e taxa de câmbio. Ademais, quantificou-se o impacto dessas variáveis no PIB do setor durante o período da crise (2008-2012),

Salienta-se, no entanto, que é importante analisar o comportamento dessas variáveis considerando o cenário político e econômico do país, cujo governo não proporcionou políticas públicas e investimentos suficientes para conter a crise no setor.

Sabe-se que o PIB do setor sucroalcooleiro corresponde a aproximadamente 2% do PIB do país, e que o valor repassado para o investimento no setor não chega a 1%, menos de R$200 milhões de reais, valores esses que são insuficientes para o Brasil continuar competitivo no segmento. Outros fatores políticos e econômicos contribuem para a oscilação das variáveis, como o aumento da taxa de câmbio devido a troca de presidente, aumento da inflação, acompanhada de políticas monetárias e fiscais que não foram capazes de contê-la, além de embargos, guerras e afins, que causam a oscilação no preço do petróleo.

Por outro lado, esse setor apresenta diversas oportunidades para se desenvolver de forma sustentável. Foram desenvolvidas tecnologias que possibilitam extrair álcool de segunda geração, evidenciando todo o potencial de crescimento do setor do ponto de vista tecnológico e financeiro, além de representar um marco para o crescimento sustentável, devido ao aumento da participação da biomassa, oriunda do bagaço de cana, na matriz energética nacional.

Sendo assim, a presente pesquisa, fornece ferramentas básicas, baseadas em dados econômicos, para explicação da crise que assola o setor sucroalcooleiro nacional. Para futuros trabalhos, pode-se analisar um período maior, principalmente posterior a crise, para confrontar os resultados da pesquisa e verificar se ela realmente terminou ou estendeu-se. Deve-se também fazer um estudo mais profundo da determinação da *proxy* ou do próprio PIB do setor, além de analisar especificamente a variável CEC devido seu conflito com a *proxy* e realizar uma análise qualitativa mais aprofundada do resultado obtido com a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BACCARIN, J. G. A **desregulamentação e o desempenho do complexo sucroalcooleiro no Brasil**. 2005. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2005.

BANCO CENTRAL (2001). **Relatório de inflação**. Disponível em <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 3 nov.2015.

BANCO CENTRAL (2013). **Relatório anual 2013**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 3 nov.2015.

BANCO MUNDIAL (2014). **State and trends of carbono**. Disponível em: <http://documents.worldbank.org>. Acesso em: 1 jul. 2015.

BEN. Balanço Energético Nacional 2014 (Ano-Base 2013). **Divulga relatório síntese de energia**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br>. Acesso em: 1 jul. 2015.

BEN. Balanço Energético Nacional 2015 (Ano-Base 2014). **Divulga relatório síntese de energia**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br>. Acesso em: 22 jun. 2016.

BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. 2ª edição. Editora Cengage Learning. 2012.

CÂMARA DO DEPUTADOS. **Decreto Lei 4.722 de 1942**. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-4722-22-setembro-1942-414753-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 1 jul. 2015.

CAMPOS, S. K.; BARROS, G. S. C.; BACCHI, M. R. P. Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 49, 2011. **Anais...** Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. **Política energética no Brasil**. Estudos avançados. v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. The alcohol program. **Energy Policy**, v. 27, p. 229-245, 1999.

GUJARATI; D. **Econometria Básica**. 4ª edição. [S.I]. Editora Campus. 2006

IPEA. **Variáveis históricas**. Disponível em: <http://ipea.gov.br>. Acesso em: 5 nov. 2015.

JENA, S. D.; POGGI, M. Harvest planning in the Brazilian sugar cane industry via mixed integer programming. **European Journal of Operational Research**, v. 230, n. 2, p. 374-384, 2013.

LEITE, R. C. C.; CORTEZ, L. A. B. O Etanol combustível no Brasil. *In*: MRE. (Org.). **Biocombustíveis no Brasil** - realidades e perspectivas. Brasília, DF: MRE, p. 60-75, 2007.

MARGARIDO, M. A. Teste de co-integração de Johansen utilizando o SAS®. **Agric**. São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 87-101, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-MME (2007). **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília: MME:EPE, 2007. Disponível em:<http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 1 jul. 2015.

MORALLES; H. F. **Econometria:** Uma abordagem introdutória. 1ª edição. [S.I]. 2008.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; KALAKI, R. B.; RODRIGUES, J. M.; GERBASI, T.; SIMPRINI, E. S.; GUINA, F. T. C.; ROVANHOL, P.; CONSOLI, M. H. **A dimensão do setor sucroenergético:** mapeamento e quantificação da safra 2013/14. 1. ed. Ribeirão Preto: Marcos Fava Neves, 2014. 46p.

MOREIRA, M.; GURGEL, A. C.; SEABRA, J. Life cycle greenhouse gas emissions of sugar cane renewable jet fuel. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 24, p. 14756-63, 2014.

NOVA CANA. **Planejamento para o desenvolvimento do setor sucroenergético**. Disponível em: <http://www.novacana.com/etanol/planejamento-desenvolvimento-setor-sucroenergetico/>. Acesso em: 4 nov. 2015.

PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS. **Dados sobre inflação**. Disponível em: <http://dados.gov.br>. Acesso em: 3 nov. 2015.

PRADO JR, C. **História Econômica do Brasil**. 1ª edição. [S.I ]. Brasiliense. 2006

OLIVEIRA; J. A. P. The policymaking process for creating competitive assets for the use of biomass energy: The Brazilian alcohol programme. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 6, p. 129-140, 2002.

REBÊLO; F. C. J. M. Crise financeira de 2008: A intervenção do estado no domínio econômico. **SJRJ**, v. 17, n. 28, p. 69-79, 2010.

SENADO. **Projeto de Lei**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br>. Acessado em: 1 Jul. 2015.

SILVA, C. R. U.; FRANCO, H. C. J.; JUNQUEIRA, T. L.; VAN OERS, L.; VAN DER VOET, E.; SEABRA, J. E. A. Long-term prospects for the environmental profile of advanced sugar cane ethanol. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 20, p. 12394-402, 2014.

SIMÕES, A.; LA ROVERE, E. L. (2008). Energy Sources and Global Climate Change: The Brazilian Case. **Energy Sources Part A: Recovery, Utilization & Environmental Effects**. v. 30, n. 14/15, p. 1327-1344. 2008.

TOLEDO, M. Setor sucroenergético deve chegar a 60 usinas fechadas no país neste ano. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 29 jun. 2015.

ÚNICA - **União da Indústria da Cana de açúcar**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acessado em 1 jul. 2015.

VEIGA FILHO, A. A.; RAMOS, P. (2006). Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 7.

XAVIER; M. R. **The brazilian sugarcane experience**. Advancing Liberty from the Economy to Ecology, n. 3, 2007.