

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO (FGV/EESP)

VANESSA LIEBERG

**A influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço
internacional dessa commodity**

São Paulo
Dezembro de 2014

VANESSA LIEBERG

A influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço internacional dessa commodity

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP – FGV, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Economia e Gestão do Agronegócio.

Campo de conhecimento: Economia e Gestão do Agronegócio

Orientadora Prof^a. Dr^a. Mirian Rumenos Piedade Bacchi

São Paulo
Dezembro de 2014

VANESSA LIEBERG

A influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço internacional dessa commodity

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Economia da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, como requisito para a obtenção de título de Mestre em Economia e Gestão do Agronegócio.

Data de Aprovação:

____ / ____ / ____

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Mirian Rumenos Piedade Bacchi

Prof^a. Lilian Maluf

Prof. Lucílio Alves

Lieberg, Vanessa

A influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço internacional dessa commodity / Vanessa Lieberg. - 2014.

84 f.

Orientador: Mirian Rumenos Piedade Bacchi

Dissertação (MPAGRO) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Mercado futuro de mercadorias. 2. Bolsa de mercadorias. 3. Indústria açucareira. 4. Açúcar - Comércio. 4. Análise de séries temporais. I. Bacchi, Mirian Rumenos Piedade. II. Dissertação (MPAGRO) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 339.172

AGRADECIMENTOS

À orientadora Professora Mirian Rumenos Piedade Bacchi pelas indicações de leitura que foram essenciais para a elaboração deste trabalho, auxílio no desenvolvimento dos modelos utilizados neste estudo e excelente domínio sobre o assunto apresentado durante o desenvolvimento do projeto.

Ao coordenador do curso e Professor Angelo Gurgel por todo o apoio, incentivo e orientação profissional perante as oportunidades de trabalho que surgiram ao longo do curso, reconheço que sua ajuda foi essencial para finalizar este projeto.

Em especial, agradeço ao meu marido José Angelo Gurzoni Junior que me incentivou a fazer o curso e teve muita paciência durante a realização das atividades e do tempo dedicado ao mesmo. Agradeço ao carinho, incentivo, apoio e compreensão ao longo deste período.

À minha família, Nelcy Brotto Lieberg, Roberto Lieberg e Fabíola Lieberg por terem me apoiado durante o tempo dedicado aos estudos. Todos tiveram muita paciência e compreensão devido a minha ausência nos compromissos familiares e sociais, muito obrigada pelo carinho concedido.

Agradeço aos amigos do curso de mestrado do MPAgro da Fundação Getúlio Vargas, pela agradável companhia, tempo dedicado aos estudos e pela amizade.

RESUMO

O presente estudo visou, principalmente, analisar a influência do estoque mundial de açúcar sobre o preço dessa *commodity*.

O mercado do açúcar mudou consideravelmente após a década de 70 devido à crise do petróleo e a entrada de países em desenvolvimento que passaram a investir intensivamente neste mercado. Países como Brasil, Índia, China e Tailândia ganharam grande representatividade. O maior destaque se tornou o Brasil, sendo este atualmente o maior produtor e exportador de açúcar no mundo. Os principais fatores que tornaram o Brasil um dos líderes deste mercado foram: condições climáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar, ciclo de safra mais longo e em período diferente dos demais países produtores, a flexibilidade em se produzir etanol e açúcar na mesma unidade industrial, incentivos governamentais para o crescimento do setor durante os anos 80 e 90, e assim por diante.

Os modelos ajustados para avaliar o efeito do estoque, e da produção dos principais países sobre o preço internacional foram ajustados considerando as propriedades de integração e co-integração das séries utilizadas. O mesmo ocorreu no caso do modelo construído para explicar a formação de estoques. Modelos alternativos incluindo tendência estocástica foram também ajustados. Primeiramente verificou-se o efeito do estoque inicial e final sobre o preço do açúcar e constatou-se que o estoque no final do ano-safra, o qual representa um excesso de oferta naquele ano, teve um poder explanatório importante sobre o preço da *commodity*. No caso do estoque do ano anterior, o qual contribui para a oferta do ano-safra em questão, que é determinado também por condições de oferta e demanda daquele ano, o efeito foi menor.

Em seguida, procurou analisar o efeito da produção dos principais países que têm potencial para ofertar açúcar no mercado internacional e na formação do estoque mundial. Os resultados mostraram que a produção do Brasil e a da Índia são as mais importantes na definição do estoque mundial de açúcar, seguidas pela da Tailândia.

Por fim, ajustou-se um modelo para quantificar o impacto da produção dos maiores produtores de açúcar sobre o seu preço e os resultados revelaram que a produção do Brasil foi a que tem o efeito mais expressivo, seguida pela da China.

Concluiu-se, no estudo, que a produção brasileira de açúcar tem uma grande influência sob a ótica da oferta sob o preço, no entanto, outros países também são importantes nesse contexto, como foi o caso da Índia no caso de estoques e a da China no da formação do preço. Além disso, observou-se o efeito do preço internacional de açúcar sobre o *mix* de produção açúcar/etanol brasileiro e não o contrário.

Palavras-chaves: preço internacional do açúcar bruto, curva de oferta e demanda, elasticidade, séries temporais, teste de raiz unitária e co-integração e função de transferência.

ABSTRACT

Global Sugar market has changed considerably since 1970; the dramatic fluctuations in sugar prices have affected the sugar market worldwide. Therefore, new countries such as Brazil, India, China and Thailand start to invest intensively into this market. In the new scenario, Brazil became the main producer of sugar, as well as the main exporter one. The models considered in this study showed the influence of the main sugar producers and the worldwide stocks against the commodity price behaviour.

Firstly, the study showed that ending-stocks have a higher impact in the sugar prices comparing to beginning-stocks, in this case, the main countries that contribute for stocks build-up were Brazil and India. Secondly, this study evaluated the impact of the largest sugar producers against the price, the models concluded that Brazil was the most significant country followed by China.

Although the study showed Brazil as the main country which impacts stocks and sugar price; it is important to highlight that other countries are also important in the context to identify the main drivers for the supply and demand dynamics in order to evaluate price levels in response of the production and stocks.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Destaque dos maiores consumidores de açúcar no mundo.	6
Tabela 2 – Formação do estoque mundial de açúcar. Fonte: (USDA, 2014).....	7
Tabela 3 - Balanço Final da safra 2013/2014 na região Centro-Sul.....	18
Tabela 4 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na Índia (1.000 toneladas métricas)..	22
Tabela 5 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na União Europeia (1.000 toneladas métricas)	23
Tabela 6 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na China (1.000 toneladas métricas)	24
Tabela 7 – Dados mundiais de produção e estoque de açúcar.....	46
Tabela 8 – Meses que compreendem o ano safra de cada país referente aos dados de produção e estoques extraídos do USDA.....	47
Tabela 9 – Resultados do modelo de correção de erro para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque.	50
Tabela 10 – Resultados do modelo de tendência determinista para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque.	51
Tabela 11 – Resultados do modelo de correção de erro para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque defasado.	51
Tabela 12 – Resultados do modelo de tendência determinista para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque defasado.	52
Tabela 13 - Resultados dos modelos ajustados para explicar a formação de estoque internacional de açúcar (modelo de Correção de Erro).	53
Tabela 14 - Resultados dos modelos ajustados para explicar a formação de estoque internacional de açúcar (modelo de Correção de Erro).	54
Tabela 15 - Resultados do modelo de correção de erro ajustado para explicar a formação de preço internacional de açúcar.	55
Tabela 16 - Resultados do modelo de tendência determinista ajustado para explicar a formação de preço internacional de açúcar.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção e consumo mundial de açúcar.....	4
Figura 2 - Principais produtores mundiais de açúcar durante a safra 2013/14.....	5
Figura 3 - Histórico de Produção dos Principais Países Produtores de açúcar dos últimos 10 anos.	5
Figura 4 - Principais Consumidores de açúcar mundial dos últimos 10 anos.	6
Figura 5 – Produção Global de açúcar bruto, consumo e estoques finais.	8
Figura 6 – Balanço da Produção Global de açúcar bruto e a relação estoque e consumo.....	8
Figura 7 – Correlação entre o preço do açúcar bruto e a relação estoque e consumo.....	9
Figura 8 – Mapa de Produção de Açúcar no Brasil extraído do site da UNICA.....	11
Figura 9 - Moagem no Brasil.....	13
Figura 10 - Média de Chuvas na região de Ribeirão Preto – SP (1999-2013).	14
Figura 11 - Histórico da área dedicada para a cana-de-açúcar no Brasil.	15
Figura 12 - Produção de cana-de-açúcar por região.	15
Figura 13 - Produtividade da cana-de-açúcar no Brasil em kg/ha.....	16
Figura 14 – Flexibilidade de Produção de açúcar e etanol no Brasil.	17
Figura 15 - Evolução histórica do destino da cana-de-açúcar processada na região do Centro-Sul.	17
Figura 16 - Vendas nacionais de Gasolina e Etanol em bilhões de litros. *2014 até Junho	20
Figura 17 - Paridade do Etanol versus Gasolina no Estado de SP. *2014 até Junho	20
Figura 18 - Curva de oferta e demanda.	27
Figuras 19 e 20 – Histórico do estoque e preço do açúcar.	30
Figura 21 - Preço internacional do açúcar bruto cotado em NY11.	45
Figura 22 - Principais produtores de açúcar durante a safra 2013/2014 e sua representatividade na amostra.....	52

SUMÁRIO

.....	III
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO	2
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. HISTÓRICO DO PREÇO DE AÇÚCAR.....	3
2.2. DEMANDA E OFERTA MUNDIAL DE AÇÚCAR.....	3
2.3. SETOR CANAVIEIRO NO BRASIL	10
2.3.1. HISTÓRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL	10
2.3.2. ESTRUTURA E DINÂMICA DO SETOR NO BRASIL	13
2.4. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NOS DEMAIS PAÍSES PRODUTORES	20
2.4.1. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NA ÍNDIA	20
2.4.2. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NA UNIÃO EUROPEIA	22
2.4.3. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NA CHINA	23
2.4.4. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NA TAILÂNDIA	24
2.5. PANORAMA ECONÔMICO SOBRE O MERCADO DE <i>COMMODITIES</i> E SEUS PRINCIPAIS FUNDAMENTOS.....	24
2.5.1. FUNDAMENTOS MICROECONÔMICOS SOB A ÓTICA DE UM MERCADO COMPETITIVO	26
2.5.2. ELASTICIDADE DA OFERTA E DA DEMANDA	28
2.5.3. MODELOS PARA COMPREENDER A TRAJETÓRIA DOS PREÇOS DAS <i>COMMODITIES</i>	29
2.5.4. ESTUDOS RECENTES SOBRE O COMPORTAMENTO DOS PREÇOS DO AÇÚCAR	31
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. INTRODUÇÃO À ECONOMETRIA: REGRESSÃO LINEAR.....	33
3.2. MODELAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS: TENDÊNCIA E VOLATILIDADE.....	35
3.2.1. TESTE Dickey-Fuller	37
3.2.2. TESTE Dickey-Fuller AUMENTADO.....	38
3.3. CO-INTEGRAÇÃO E MECANISMOS DE CORREÇÃO DE ERROS.....	42
3.4. FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS.....	45
4.2. RESULTADOS DAS APLICAÇÕES DOS TESTES DE RAÍZES UNITÁRIAS	47
4.3. RESULTADOS DOS MODELOS QUE EXPLICAM A FORMAÇÃO DO PREÇO INTERNACIONAL E ESTOQUE.....	49
4.4. MODELOS RELACIONANDO O PREÇO DO AÇÚCAR NO MERCADO INTERNACIONAL AO ESTOQUE.....	50

4.5. MODELOS PARA EXPLICAR A FORMAÇÃO DE ESTOQUES DE AÇÚCAR COM BASE NA PRODUÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DA COMMODITY.....	52
4.6. MODELOS PARA EXPLICAR A FORMAÇÃO DE PREÇO NO MERCADO INTERNACIONAL DE AÇÚCAR COM BASE NA PRODUÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DA COMMODITY.	55
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	59

1. INTRODUÇÃO

O preço do açúcar é formado com base em fundamentos econômicos, considerando-se os deslocadores das curvas de oferta e demanda. Geman (2005), em seu livro sobre *commodities*, argumenta que a demanda do açúcar é inelástica ao preço enquanto a oferta é definida pela produção e estoque. Outros fatores como clima, rupturas econômicas e/ou mudanças governamentais em determinados países também afetam o preço, mas neste estudo não se abordou a influência de tais fatores, apenas analisou-se o impacto sob a ótica da oferta e da demanda, definida pela produção e estoques (que incluem tanto a influência da demanda como da oferta).

Do ponto de vista da produção, o Brasil desempenha um papel fundamental no mercado de açúcar. No âmbito doméstico, a cana-de-açúcar ocupa posição de destaque entre as principais culturas. No contexto internacional, o Brasil se tornou o maior exportador deste produto.

Alguns estudos publicados pelo USDA (2014) sobre os fatores que afetam a volatilidade do preço do açúcar constataram que o custo de produção do Brasil tem forte impacto sobre o preço internacional do açúcar no longo prazo, assim como a taxa de câmbio. Outros fatores que influenciam o preço no médio-curto prazo são os desequilíbrios da curva de oferta e demanda, considerando o nível de estoque e as estimativas de safra que influenciam as expectativas de formação de estoques.

1.1. OBJETIVO

Este estudo visou analisar de forma quantitativa a influência da produção de açúcar de países importantes nesse contexto e o impacto dos estoques mundiais sobre o preço internacional do açúcar bruto. A análise foi realizada considerando o período que compreende os anos de 1982 a 2014.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi organizado em 5 capítulos. No capítulo 1 foi apresentada a introdução. No capítulo 2, foi tratada da importância do Brasil como o maior produtor e exportador de açúcar, além de traçar um panorama do mercado mundial da *commodity*, tratando dos principais países exportadores e consumidores, além dos principais fundamentos do mercado sob a ótica econômica. Tratou-se, ainda, de descrever alguns modelos utilizados para compreender a trajetória dos preços do açúcar e os fatores mais relevantes que afetam o preço. No capítulo 3 fez-se uma discussão das metodologias utilizadas. O capítulo 4 mostra os dados utilizados e resultados dos modelos ajustados. No capítulo 5 foram apresentadas as principais conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico do preço de açúcar

Preço do açúcar durante os anos 70 apresentou grande volatilidade, este período permitiu que países em desenvolvimento passassem a investir no setor. Ocorreu uma reestruturação significativa no setor, com a entrada de novos competidores, como o Brasil. Vale ressaltar que a indústria canavieira demanda intenso investimento de capital (formação de canavial e montagem de fábricas) (Hannah, FAO, 1997).

A partir de 1996, a situação reverteu-se e os países em desenvolvimento passaram a ter maior representatividade nas importações da *commodity* (60%). Isso aconteceu, entre outros aspectos, pela substituição do açúcar por outros tipos de adoçantes nos países desenvolvidos, ao mesmo tempo em que os países em desenvolvimento aumentaram suas importações e exportações (Hannah, FAO, 1997).

2.2. Demanda e oferta mundial de açúcar

De acordo com os dados disponibilizados pelo USDA (Figura 1), a produção de açúcar tem superado o consumo nos últimos anos. Durante a safra de 2013/14, o mundo produziu 175 milhões toneladas de açúcar, enquanto o consumo foi de 168 milhões toneladas, o que resulta em um superávit da produção de 4,2%. As projeções quanto ao consumo mundial variam de acordo com as expectativas de demanda, principalmente da Índia e da China.

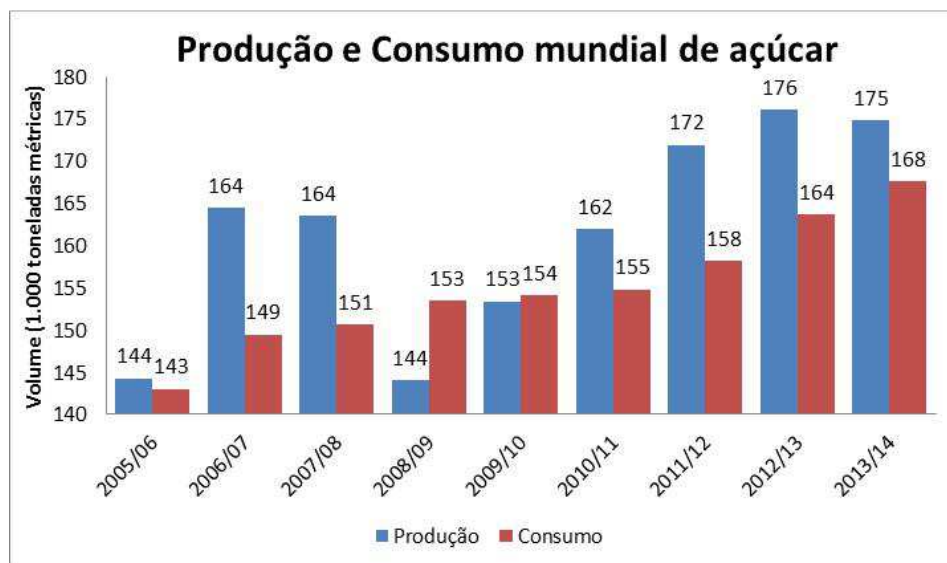


Figura 1 - Produção e consumo mundial de açúcar.

Fonte: (USDA, 2014)

De acordo com os dados da safra 2013/2014, divulgados pelo USDA, o Brasil foi o maior produtor mundial de açúcar, como consta na Figura 2, com uma representatividade de 22%. As principais razões são o clima favorável, uma elevada disponibilidade de terras cultiváveis para o plantio de cana e os investimentos no setor desde seu período colonial.

O segundo maior produtor é a Índia, com cerca de 15% da produção mundial e em terceiro lugar está a União Europeia com 9%. Os demais países representam cerca de 54% do volume produzido durante a safra em questão.

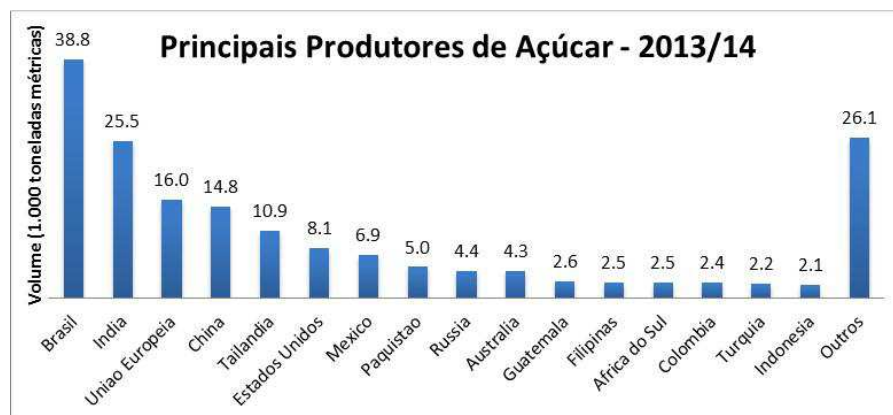


Figura 2 - Principais produtores mundiais de açúcar durante a safra 2013/14.

Fonte: (USDA, 2014)

A Figura 3 (USDA, 2014) mostra o histórico de produção de açúcar dos principais produtores mundiais, os cinco maiores produtores nos últimos anos foram Brasil, Índia, União Europeia, China e Tailândia. Observa-se a liderança da produção de açúcar no Brasil nos últimos anos, com forte tendência de alta. A Índia apresenta uma tendência de alta, mas com grandes oscilações em seus volumes de produção. A União Europeia apresentou uma produção estável nos últimos anos, com leve tendência de queda. A China apresentou uma leve tendência de alta na produção assim como a Tailândia.

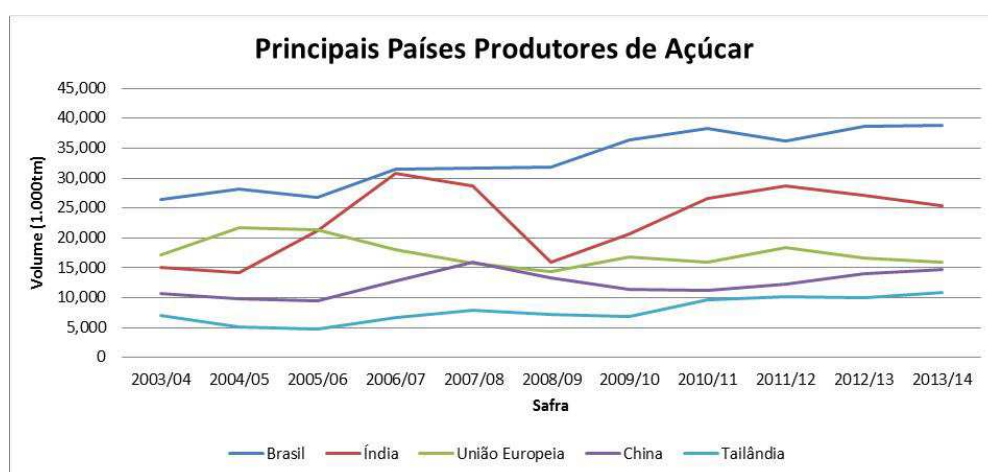


Figura 3 - Histórico de Produção dos Principais Países Produtores de açúcar dos últimos 10 anos.

Fonte: USDA (Maio, 2014). Adaptado pelo autor

Do ponto de vista do consumo, o maior destaque é para a Índia, com uma representatividade de 16% do consumo global no ano-safra 2013/14. Em segundo lugar se encontra a União Europeia, com 11%, e em seguida a China, com 10%, conforme mostra a Tabela 1. (USDA, 2014)

Ao analisar o histórico dos maiores consumidores de açúcar no mundo, observa-se que a Índia e a China são os principais países com tendência de alta, enquanto que os demais apresentam estabilidade nos últimos anos, vide Figura 4.

Tabela 1 - Destaque dos maiores consumidores de açúcar no mundo.

Country	2012/13	R ₁ %	2013/14	R ₂ %	Var.
India	24,685	15%	26,200	16%	6.14%
Uniao Europeia	18,250	11%	18,300	11%	0.27%
China	15,100	9%	16,000	10%	5.96%
Brasil	11,200	7%	11,260	7%	0.54%
Estados Unidos	10,419	6%	10,523	6%	1.00%
Sub-total	79,654	49%	82,283	49%	3.30%
Total	163,673	100%	167,640	100%	2.42%

Fonte: (USDA, 2014)

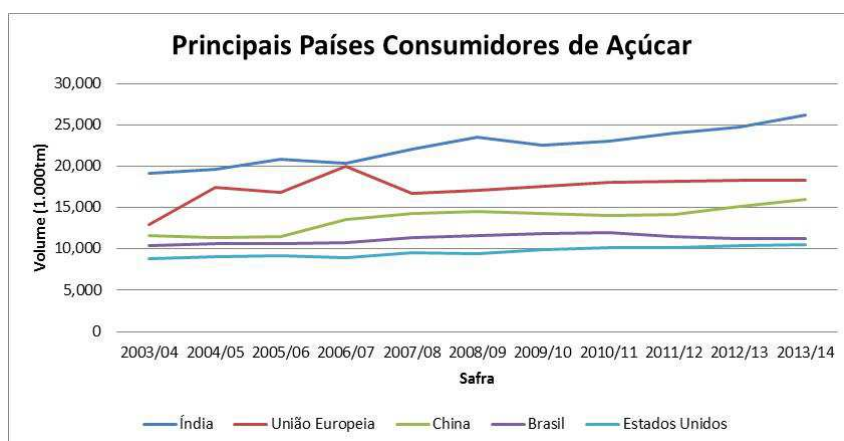


Figura 4 - Principais Consumidores de açúcar mundial dos últimos 10 anos.

Fonte: USDA (Maio, 2014). Adaptado pelo autor

A tabela 2 apresenta dados sobre estoques de açúcar e sobre produção e consumo de países selecionados, considerando a sua importância nesse setor (USDA, 2014).

Tabela 2 – Formação do estoque mundial de açúcar. Fonte: (USDA, 2014)

	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	Maio 2014/15	%
Produção							
Brasil	36,400	38,350	36,150	38,600	37,800	36,800	21%
Índia	20,637	26,574	28,620	27,337	27,045	27,900	16%
Europa	16,897	15,939	18,320	16,655	16,100	16,300	9%
China	11,429	11,199	12,341	14,001	14,346	13,700	8%
Tailândia	6,930	9,663	10,235	10,024	11,390	11,000	6%
Outros	61,075	60,215	66,500	70,869	69,022	69,889	40%
Total	153,368	161,940	172,166	177,486	175,703	175,589	100%
Consumo Doméstico							
Índia	22,500	23,050	24,180	25,000	26,000	27,000	16%
Europa	17,610	18,040	18,200	18,250	18,300	18,500	11%
China	14,300	14,000	14,200	15,100	16,500	17,400	10%
Brasil	11,800	12,000	11,500	11,200	11,260	11,355	7%
Estados Unidos	9,861	10,171	10,106	10,421	10,523	10,614	6%
Outros	78,310	78,207	80,995	84,538	84,903	85,659	50%
Total	154,381	155,468	159,181	164,509	167,486	170,528	100%
Estoques Finais							
Índia	6,223	6,299	7,163	11,068	10,413	9,813	22%
China	2,355	1,621	4,140	6,793	8,494	8,049	18%
Tailândia	2,343	2,983	2,810	3,616	4,906	4,906	11%
Europa	1,433	1,974	3,303	3,981	3,781	3,831	9%
Indonésia	750	602	409	879	1,264	1,614	4%
Outros	14,928	15,729	17,124	17,641	16,657	16,228	37%
Total	28,032	29,208	34,949	43,978	45,515	44,441	100%

Fonte: (USDA, 2014)

De acordo com o relatório semianual publicado pelo Foreign Agricultural Service (FAS) em Novembro de 2014, a produção global de açúcar para a safra 2013/2014 foi de 175 milhões de toneladas, enquanto o consumo foi de 165 milhões de toneladas. As importações atingiram cerca de 52 milhões de toneladas, enquanto que as exportações foram de 57 milhões de toneladas. O estoque final da safra foi de aproximadamente 44 milhões de toneladas. A Figura 5 mostra o histórico do balanço geral do açúcar das últimas safras (FAS, 2014).

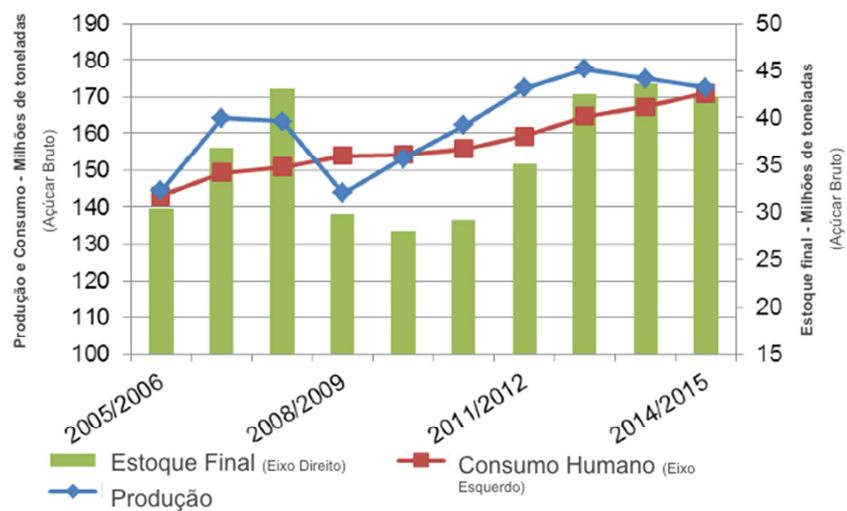


Figura 5 – Produção Global de açúcar bruto, consumo e estoques finais.

Fonte: (FAS, 2014)

Desde a safra 2010/2011, a produção tem excedido o consumo. No entanto, na safra 2014/2015, o consumo se aproxima da produção e a relação estoque/consumo cai (Figura 6).

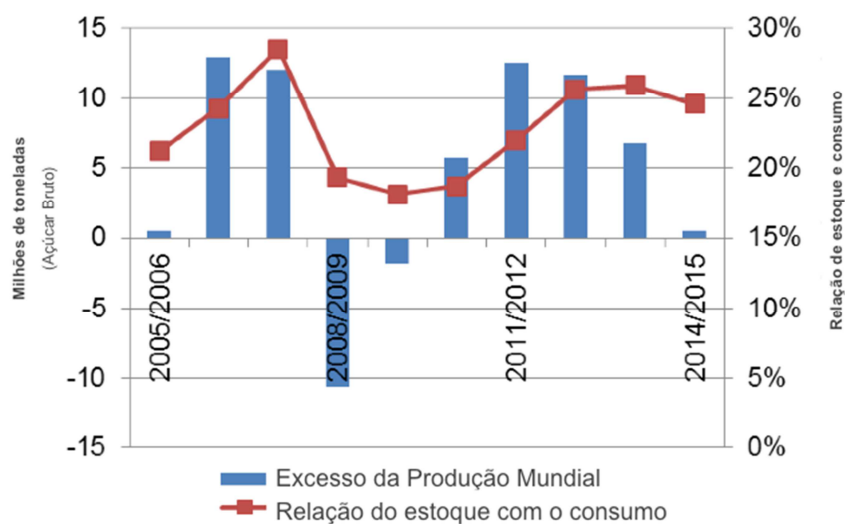


Figura 6 – Balanço da Produção Global de açúcar bruto e a relação estoque e consumo.

Fonte: (FAS, 2014)

O relatório do FAS mostra a correlação entre os preços do açúcar bruto com a demanda global da commodity. O aumento dos preços entre 2006/2007 e 2010/2011 foram

decorrentes de um nível baixo do indicador que relaciona o estoque e o consumo, conforme Figura 7. Após 2010/2011, os anos apresentaram um volume superavitário que possibilitaram aumentar os níveis de estoque em relação ao consumo, consequentemente os níveis de preços do açúcar sofreram uma leve queda em bases anuais e uma redução na volatilidade. Vale ressaltar que os preços do açúcar também sofrem outras interferências, como o impacto das taxas de câmbio e mercado de energia, mas o nível de produção e o indicador de estoque versus consumo são determinantes fundamentais para a análise dos preços mundiais do açúcar.

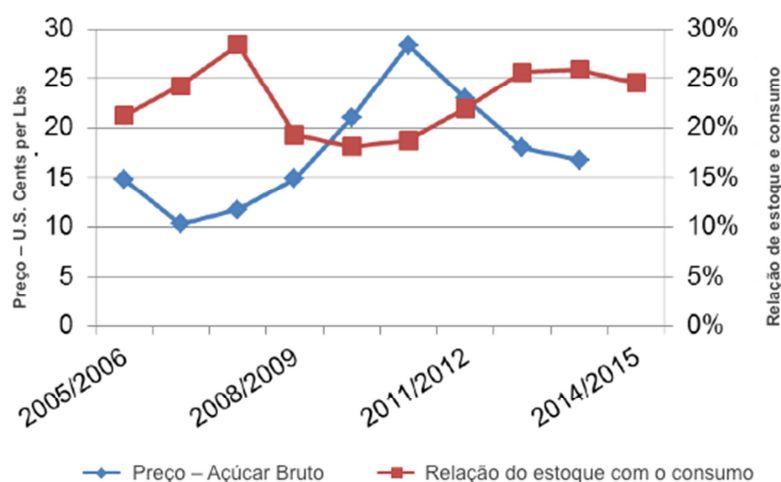


Figura 7 – Correlação entre o preço do açúcar bruto e a relação estoque e consumo.

Fonte: (FAS, 2014)

Os próximos capítulos serão tratadas das principais características dos principais países produtores de açúcar.

2.3. Setor Canavieiro no Brasil

O Brasil atualmente é o maior produtor de açúcar no mundo e o principal exportador. Além disso, a produção de etanol também vem ganhando destaque, visto que se trata de uma fonte energética produzida através de biomassa, sendo uma substituta direta dos combustíveis fósseis.

2.3.1. História do setor sucroalcooleiro no Brasil

O Nordeste do Brasil, de acordo com Ramos & Belik (1989), foi o carro-chefe da agroindústria canavieira brasileira por quatro séculos, devido às condições edafoclimáticas favoráveis e a maior proximidade geográfica com os mercados europeus (Ramos & Belik, 1989).

Com o advento da II Guerra Mundial, as operações de cabotagem entre o Norte e o Sul do país se tornaram arriscadas, afetando o abastecimento de açúcar no Centro-Sul do país (Szmrecsanyi & Moreira, 1991). A demanda oprimida criou condições favoráveis para a expansão da atividade canavieira na região do Centro-Sul, transferindo o eixo da produção canavieira e açucareira, antes estabelecida no Nordeste. Foi nesta época que foram instaladas em São Paulo as maiores unidades produtoras brasileiras de açúcar como a Usina Da Barra, São Martinho, Iracema, Santa Elisa, Costa Pinto, entre outras (Machado, 2003) (Szmrecsanyi & Moreira, 1991). A Figura 8 mostra as principais áreas produtoras no Brasil nos dias de hoje (UNICA).

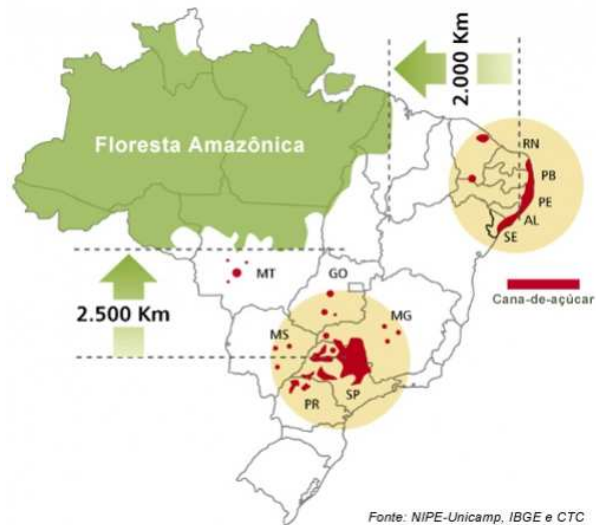


Figura 8 – Mapa de Produção de Açúcar no Brasil extraído do site da UNICA.

Fonte: UNICA, 2014

Outro marco do setor foi a intervenção estatal ao longo dos anos posteriores, cujos principais mecanismos de intervenção estavam atrelados a fixação dos preços, entrave para a criação de novas unidades industriais, produção sob o controle estatal (regime de quotas), garantia de mercado e subsídios, divisão regional entre Centro-Sul e Norte-Nordeste, controle das exportações e restrição ao capital estrangeiro (Ramos P. , 1999).

O aumento no preço do açúcar na década de 70 possibilitou a modernização das indústrias e a maioria das usinas foram totalmente remodeladas através do auxílio do FUNPROÇUCAR criado pelo Instituto do Açúcar e Alcool (IAA). Posteriormente, em 1975, o Brasil criou o PROÁLCOOL, como medida mitigadora para enfrentar a Crise do Petróleo que iniciara em 1973 (Machado, 2003). Em um primeiro momento, entre 1975 e 1979, o Proálcool incentivou a redução da capacidade ociosa das destilarias das usinas e o aumento da produção de álcool anidro para ser adicionado à gasolina. Em meados de 1980/85, intensificou-se a produção de álcool hidratado como combustível, no entanto, em 1986, o setor enfrentou a crise do

Proálcool e, conseqüentemente, o processo de desaceleração se tornou inevitável (SHIKIDA, 1998).

Na década de 90, o setor sofreu uma ruptura, com a extinção do IAA, órgão que tinha até então um sistema rígido de distribuição de quotas entre as diferentes unidades produtoras e de fixação de preços nos diferentes elos da cadeia. Conseqüentemente, a dinâmica do setor mudou completamente, passando a atuar no contexto de livre mercado. Os produtores passaram a enfrentar um ambiente mais competitivo a preços, obtenção de crédito, incentivos à exportação para financiar a produção e tiveram que buscar maior liquidez através de contratos de Adiantamento de Câmbio (ACCs) (Szmrecsanyi, T., 1979)

Posteriormente, a mudança na política cambial em 1999, quando o Brasil passou a adotar o regime de câmbio flexível, acarretou em uma grande desvalorização da moeda brasileira. Felizmente, os produtos nacionais aumentaram sua competitividade via aumento de produtividade e o setor exportador de açúcar se beneficiou da nova onda.

Conforme mencionado acima, antes dos anos 90 o Brasil teve um forte incentivo para o setor sucroalcooleiro, principalmente pela criação do Proálcool. A Figura 9 mostra que a moagem no Brasil até os anos 90 cresceu aproximadamente 7% ao ano, posteriormente passou por um período de estagnação entre 1990 e 2000, cujo crescimento foi baixo (em torno de 2% ao ano) e, posteriormente, o setor volta a crescer em uma média de 7% ao ano a partir de 2001.

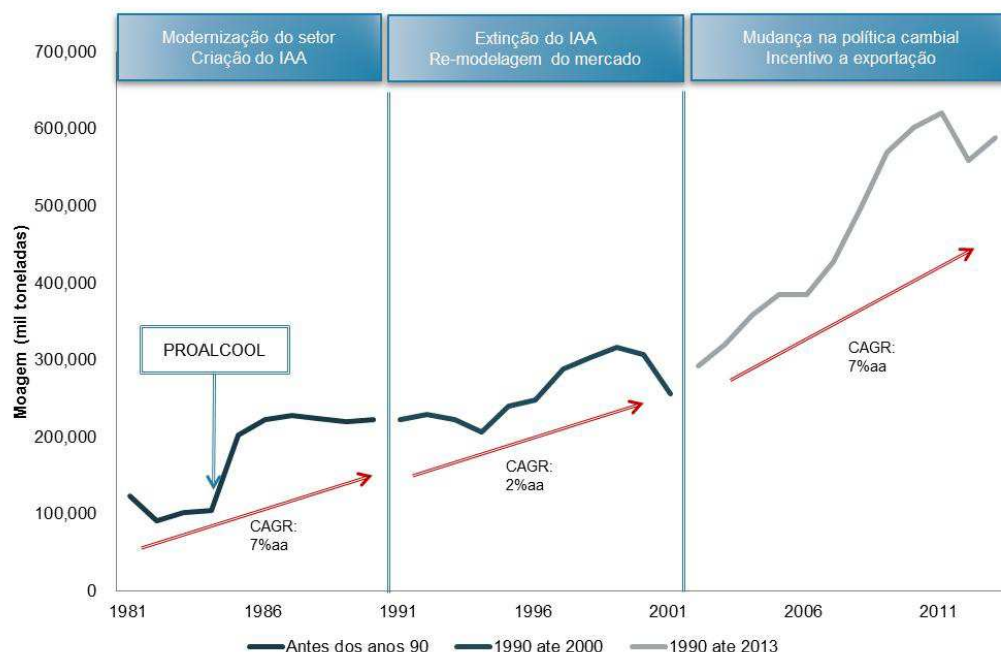


Figura 9 - Moagem no Brasil.

Fonte: (UNICA), adaptado pelo autor

2.3.2. Estrutura e dinâmica do setor no Brasil

A. Matéria-prima: cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, matéria-prima para a produção de açúcar e etanol no Brasil, é tida como uma cultura semi-perene. Embora os agrônomos a classifiquem como uma cultura perene, prefe-se classificar de semi-perene porque devido as condições econômicas há necessidade de se renovar periodicamente o canavial. Na região Centro-Sul, maior região produtora do Brasil, a plantação geralmente ocorre durante o período de chuvas, com início em dezembro e término em março. A colheita ocorre no período de seca, que abrange os meses de março a novembro, conforme Figura 10, que ilustra a região de Ribeirão Preto, que é a principal do Estado de São Paulo. Em contrapartida, na região Norte e Nordeste, a colheita geralmente ocorre de setembro a

abril, simultaneamente com a colheita da Índia, Tailândia, Austrália e Europa. Desta forma, a moagem do Centro-Sul possui uma vantagem competitiva perante os outros países, primeiramente porque a safra se inicia no primeiro semestre do ano. Aproximadamente 70% das exportações de açúcar ocorrem entre março e novembro, período de entressafra em outros países (UNICA).



Figura 10 - Média de Chuvas na região de Ribeirão Preto – SP (1999-2013).

Fonte: (UDOP, 2014).

Obs. Média de chuvas na região de Ribeirão Preto – SP (1999-2013)

A área destinada à plantação de cana-de-açúcar vem crescendo ao longo dos anos, com uma média de crescimento de 5% ao ano nos últimos 5 anos, conforme mostra a Figura 11. O crescimento na área plantada está mais concentrado nas regiões que inauguraram usinas nos últimos anos, como São Paulo (região noroeste), Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Paraná.

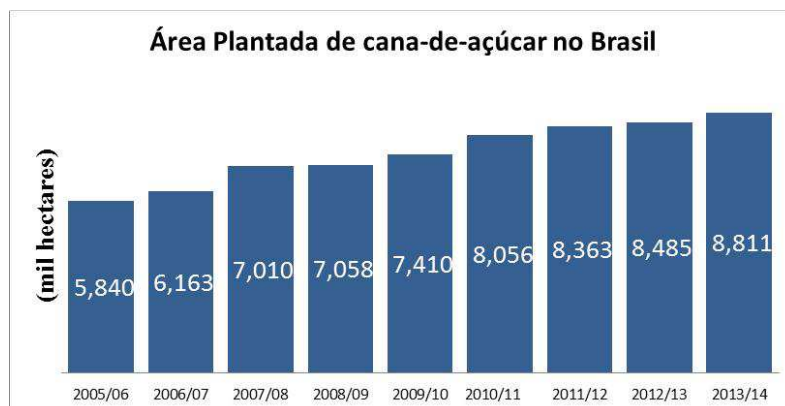


Figura 11 - Histórico da área dedicada para a cana-de-açúcar no Brasil.

Fonte: (CONAB, 2014)

No Brasil, cerca de 62% da cana-de-açúcar é produzida no Sudeste e os maiores produtores são São Paulo, com uma representatividade de 52%, seguido por Minas Gerais com 9%, conforme Figura 12.

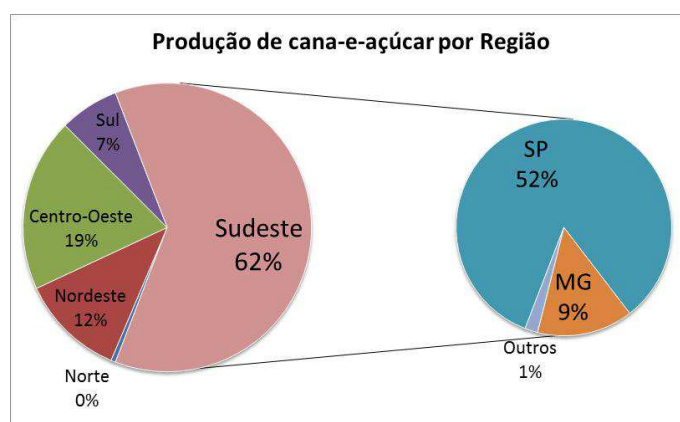


Figura 12 - Produção de cana-de-açúcar por região.

Fonte: (CONAB, 2014)

Na Figura 13, observa-se que nos últimos anos a produtividade da cana-de-açúcar vem caindo. Segundo a CONAB, a média da produtividade de 2005 até 2011 era de 78,8 toneladas por hectare; o Centro-Sul com média de 82 toneladas por hectare e o Nordeste com 58,3 toneladas por hectare. Após 2011/12, a média da produtividade caiu

9,6% comparado ao período anterior, reduzindo-se para 72,2 toneladas por hectare. A principal razão desta queda foram as adversidades climáticas nos últimos anos, descapitalização de unidades produtoras devido à crise de 2008/09, e a falta de incentivo público e privado para investir em tratos culturais e renovação dos canaviais.



Figura 13 - Produtividade da cana-de-açúcar no Brasil em kg/ha.

FONTE: (CONAB, 2014)

Além da produtividade, outro parâmetro relevante para avaliar a qualidade da cana-de-açúcar é o Açúcar Total Recuperável, conhecido como ATR, que corresponde à quantidade de açúcar contida na cana. Após 1990, quando o setor sucroalcooleiro passou a ter seus preços regidos pelo mercado, foi desenvolvido um modelo de autogestão para remunerar a matéria-prima - ATR - de acordo com os preços dos produtos finais do setor. Esse sistema é conhecido como Consecana, e foi criado em 1998.

B. Principais Produtos: açúcar e etanol

Com aumento da moagem de cana-de-açúcar, a produção de açúcar obteve maior destaque no mercado mundial. Outro fator relevante a se comentar é a

flexibilidade de se produzir açúcar e etanol na mesma unidade industrial. A Figura 14 mostra o histórico do *mix* de produção entre açúcar e etanol ao longo das últimas safras. O *mix* da indústria é uma variável importante para maximizar as receitas das usinas ao longo do ano. Na Figura 15 pode-se observar a evolução da produção de açúcar e etanol ao longo do tempo, assim como a variabilidade entre ambos produtos.

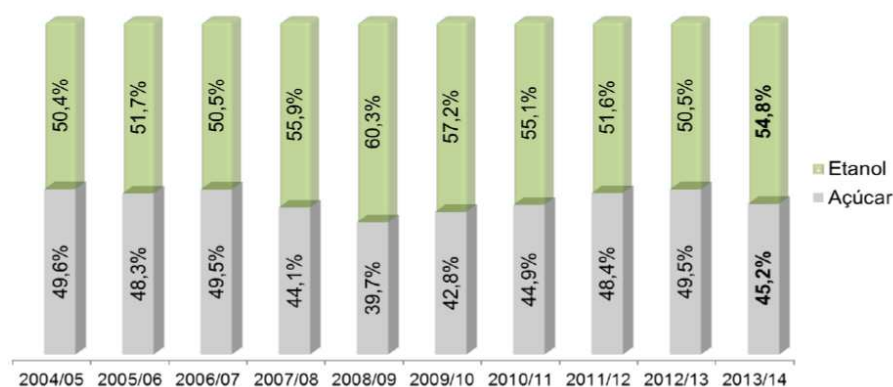


Figura 14 – Flexibilidade de Produção de açúcar e etanol no Brasil.

Fonte: (UNICA), adaptado pelo autor

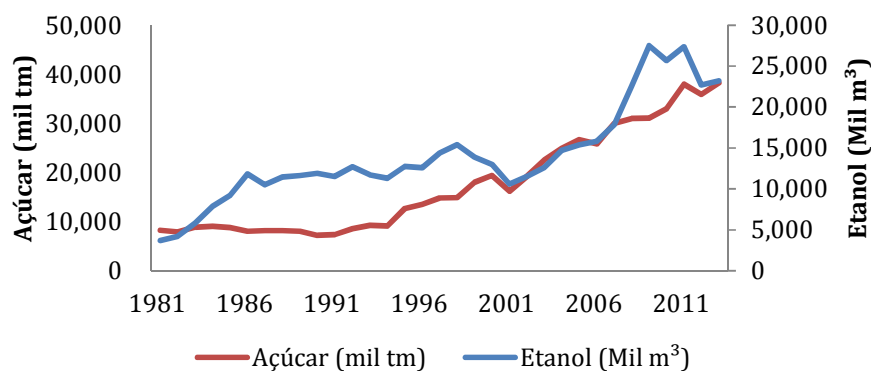


Figura 15 - Evolução histórica do destino da cana-de-açúcar processada na região do Centro-Sul.

Fonte: (UNICA)

Segundo relatório final de safra de 2013/14 publicado pela UNICA, o Brasil produziu 597 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, crescimento de 12% comparado a safra anterior. Deste total, cerca de 45% foram destinados à produção de açúcar e 55% à de etanol, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Balanço Final da safra 2013/2014 na região Centro-Sul.

Produtos	Safr a			
	2012/2013	2013/2014	Var. (%)	
Cana-de-açúcar ¹	532.758	597.061	↑ 12,07%	
Açúcar ¹	34.097	34.295	↑ 0,58%	
Etanol anidro ²	8.730	11.008	↑ 26,09%	
Etanol hidratado ²	12.632	14.568	↑ 15,32%	
Etanol total ²	21.362	25.575	↑ 19,72%	
ATR ¹	72.228	79.601	↑ 10,21%	
ATR/ tonelada de cana ³	135,57	133,32	↓ -1,66%	
Mix (%)	açúcar	49,54%	45,22%	↓
	etanol	50,46%	54,78%	↑
Litros etanol/ tonelada de cana	40,10	42,83	↑ 6,83%	
Kg açúcar/ tonelada de cana	64,00	57,44	↓ -10,25%	

Fonte: UNICA. Nota: ¹ - mil toneladas; ² - milhões de litros; ³ - kg de ATR/ tonelada de cana. Para efeito de cálculo do "ATR produto", foi excluída a produção de etanol de milho já realizada (4,89 milhões de litros de etanol anidro e 32,14 milhões de litros de etanol hidratado);

C. Demanda doméstica de etanol

Vale destacar o papel que o etanol desempenha no mercado, o qual pode ser produzido na forma de anidro ou hidratado. O etanol hidratado é utilizado como combustível diretamente, enquanto o etanol anidro é misturado à gasolina. Após 2003, com a invenção do carro flex, o etanol hidratado tornou-se atrativo aos produtores, visto que o consumidor pode optar por abastecer o carro com gasolina ou etanol nos postos combustíveis. Estudos

mercadológicos mostram que o etanol hidratado é mais viável quando seu preço é 30% inferior comparado ao preço da gasolina. (UNICA)

Durante a safra 2013/14, a produção total de etanol atingiu 21 milhões de litros, aumento de 19,72% comparado a safra anterior, de acordo com a UNICA. Como nas últimas safras o etanol hidratado perdeu competitividade frente à gasolina em muitos estados brasileiros, nota-se atualmente um incentivo maior para a produção do etanol anidro do que para a de hidratado. O crescimento da produção de etanol anidro na safra de 2013/14 foi de 26,09% comparado à safra anterior.

Na Figura 16 observa-se que desde 2010 as vendas de etanol hidratado sofreram uma forte queda em relação às vendas de gasolina, dado sua menor competitividade no mercado devido à intervenção estatal no preço da gasolina. Desta forma, a política da Petrobrás de manter os preços da gasolina estáveis como medida de conter a inflação teve efeito negativo sobre o setor sucroenergético. Como o etanol hidratado é um substituto direto da gasolina, a diferença de preços entre ambos justifica o aumento das vendas da gasolina e a redução das vendas de etanol hidratado. Em contrapartida, o aumento no consumo da gasolina promove um aumento nas vendas do etanol anidro (ANP) (MAPA, 2014). Na Figura 17 pode-se observar a relação entre preço de etanol e gasolina no Estado de São Paulo, verificando-se que quase sempre o etanol se apresentou competitivo neste estado. No entanto, na maior parte dos demais estados brasileiros isso não ocorreu.

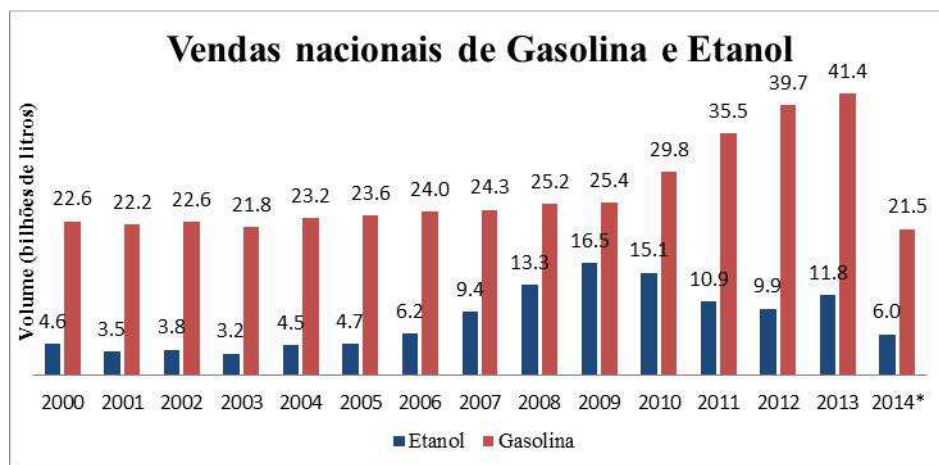


Figura 16 - Vendas nacionais de Gasolina e Etanol em bilhões de litros. *2014 até Junho

Fonte: (ANP)

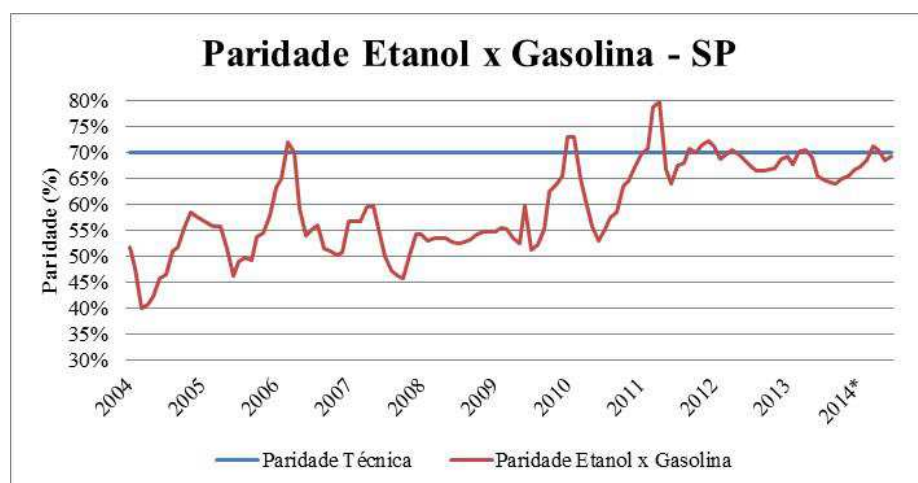


Figura 17 - Paridade do Etanol versus Gasolina no Estado de SP. *2014 até Junho

FONTE: (MAPA, 2014).

2.4. Produção de açúcar nos demais países produtores

A seguir discutem-se, de forma resumida, algumas características do setor açucareiro dos maiores produtores dessa *commodity*: Índia, União Europeia, China e Tailândia.

2.4.1. Produção de açúcar na Índia

A área de Uttar Pradesh representa cerca de 40% do total da área plantada de cana-de-açúcar na Índia, cerca de 30% é representado por Maharashtra e Karnataka. A média de produtividade é de aproximadamente 68 à 70 toneladas de cana-de-açúcar por hectare. (FAS, 2014)

O maior diferencial da Índia em relação aos outros países é sua política de precificação e de subsídios do governo. O governo coleta uma taxa, semelhante a um imposto, para cada tonelada de açúcar produzido que é direcionada para um fundo de desenvolvimento do setor, como pesquisas, melhoramento tecnológico e expansão do setor, chamado de SDF (Sugarcane Development Fund). Este fundo também auxilia na manutenção do estoque, em subsídios no transporte para a exportação, e em subsídio em empréstimos para a construção de plantas que produzem etanol. (FAS, 2014)

Todo ano, o governo estabelece um preço anual mínimo para a cana-de-açúcar de acordo com as recomendações de uma Comissão de Preços e Custos da Agricultura, conhecido como CACP (Commission for Agricultural Costs and Prices). Além disso, o governo estabeleceu, na safra de 2009/10, uma nova taxa que relaciona o preço da cana com os preços do açúcar. (FAS, 2014)

Em 2013, o governo aboliu o sistema de cotas do açúcar e o desregulamento da venda do açúcar no mercado internacional. O sistema de cotas do açúcar obriga as usinas a venderem 10% da sua produção para o governo a um preço abaixo do verificado no mercado. Na conjuntura atual, o governo procura subsidiar a população mais carente com o açúcar disponível no mercado. No entanto vale ressaltar que o governo ainda tem uma política forte de controle sobre o setor, o

que ocorre através do licenciamento das usinas, estabelecimento das áreas voltadas para a plantação de cana e do preço da cana. (FAS, 2014)

A Tabela 4 mostra os dados de produção, oferta e demanda das safras 2012/13 e 2013/14 na Índia.

Tabela 4 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na Índia (1.000 toneladas métricas)

Índia	2012/13	2013/14
Estoque Inicial	7.350	10.425
Produção de Açúcar	27.200	25.450
Total de Importação	1.800	1.800
Oferta Total	36.350	37.675
Total de Exportação	1.240	2.000
Consumo Humano	24.685	26.200
Estoque Final	10.425	9.475

Fonte: FAS, 2014

2.4.2. Produção de açúcar na União Europeia

A produção de açúcar na União Europeia durante a safra 2013/4 atingiu 16,0 milhões de toneladas. O mercado europeu é fortemente regulado, em 2007 foi realizada uma reforma no setor no qual se estabelece cotas da produção de açúcar voltadas para a indústria alimentícia. Além disso, os produtores que produzem açúcar proveniente da cana-de-açúcar tem uma certa proteção, dado as taxas mais elevadas cobradas dos produtores que utilizam outras culturas. (FAS, 2014)

A Tabela 5 mostra os dados de produção, oferta e demanda das safras 2012/13 e 2013/14 na União Europeia.

Tabela 5 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na União Europeia (1.000 toneladas métricas)

União Europeia	2012/13	2013/14
Estoque Inicial	3.303	4.044
Produção de Açúcar	16.591	16.000
Total de Importação	3.900	3.650
Oferta Total	23.794	23.694
Total de Exportação	1.500	1.500
Consumo Humano	18.250	18.300
Estoque Final	4.044	3.894

Fonte: FAS, 2014

2.4.3. Produção de açúcar na China

Durante o ano-safra da cana-de-açúcar 2013/14, os produtores reduziram a área dedicada à plantação de cana em resposta aos baixos preços do mercado e ao aumento dos custos. Além disso, o governo reduziu drasticamente o programa de compra de reserva do açúcar. O principal objetivo do programa era corrigir os níveis de estoques elevados, resultado da expansão da produção e dos altos volumes de importação.

A Tabela 6 mostra os dados de produção, oferta e demanda das safras 2012/13 e 2013/14 na China.

Tabela 6 - Balanço Final da safra 2012/2013 e 2013/2014 na China (1.000 toneladas métricas)

China	2012/13	2013/14
Estoque Inicial	4.140	6.790
Produção de Açúcar	14.000	14.800
Total de Importação	3.800	2.800
Oferta Total	21.940	24.390
Total de Exportação	50	45
Consumo Humano	15.100	16.000
Estoque Final	6.790	8.345

Fonte: FAS, 2014

2.4.4. Produção de açúcar na Tailândia

O ano-safra da cana-de-açúcar 2013/14 foi fortemente afetado por longos períodos de seca. A estratégia do governo é reduzir a área dedicada para a plantação de arroz, através de um programa de zoneamento. O principal objetivo desta medida foi favorecer a produção de cana em virtude da capacidade ociosa das usinas, cerca de 100 milhões de toneladas métricas em excesso, de acordo com relatório da FAS de novembro de 2014.

2.5. Panorama econômico sobre o mercado de *commodities* e seus principais fundamentos

Existem várias formas de se definir o termo *commodity*. Do ponto de vista de um economista, significa um bem de consumo escasso que tem impacto no desenvolvimento econômico de um determinado país e no mundo. Um ecologista diria que é um bem natural que deve ser preservado, diferente do ponto de vista de um banqueiro que visa ampliar seus fluxos de caixa através de operações financeiras que envolvem um ativo negociado em bolsa de valores.

Em termos mercadológicos, *commodity* é uma mercadoria que pode ser padronizada, o que é uma condição importante para que exista um mercado internacional expressivo.

Pontos relevantes no mercado de *commodity* são:

- O preço da *commodity* geralmente é baseado em fundamentos microeconômicos das curvas de oferta e demanda.
- A demanda geralmente é inelástica ao preço
- Existência de transações físicas
- A oferta é definida pela produção e estoque
- As transações financeiras conhecidas como forwards, futuros e opções vem ganhando um volume significativo neste mercado como forma de proteger os produtores do risco de preços.

Além dos fundamentos microeconômico propriamente ditos (deslocadores das curvas de oferta e de demanda), os preços das *commodities*, assim como sua volatilidade, variam de acordo com as mudanças nas políticas em determinados países. Vale ressaltar que devido ao aumento da volatilidade dos preços das *commodities*, as atividades de hedge se tornaram indispensáveis para a sobrevivência deste mercado.

O mercado futuro é um bom indicador para prever o preço de uma determinada *commodity*, visto que a cotação dos contratos capta as expectativas para o futuro dos fundamentos de mercado.

Há um fator que deve ser considerado com relação a estoques. Estoques elevados no final de um ano safra significam excesso de oferta, o certamente tem impacto na formação do

preço daquele ano. Segundo Genam, outra variável importante no mercado agrícola está atrelada as condições climáticas dos países produtores.

2.5.1. Fundamentos microeconômicos sob a ótica de um mercado competitivo

Para entender melhor a dinâmica dos preços do açúcar, é preciso revisar alguns conceitos microeconômicos. De acordo com a literatura, muitos pesquisadores definem mercados de produto agrícolas como aqueles que se inserem numa estrutura quase que perfeitamente competitiva, o qual possui muitos compradores e vendedores, de tal forma que ambas as partes não influenciam de forma significativa os preços. Desta forma, no mercado competitivo as transações entre compradores e vendedores são realizadas pelo preço de mercado.

O mecanismo de mercado pode ser descrito através das curvas de oferta e demanda; o cruzamento das curvas determina o preço de uma determinada mercadoria, assim como a quantidade produzida. No entanto, vale ressaltar que as variações de preços e quantidade ao longo do tempo são, por conseguinte, resultante de outras variáveis econômicas, como por exemplos os custos da matéria-prima, mudanças nas políticas governamentais, alteração da atividade econômica agregada e condições climáticas.

A curva da oferta relaciona a quantidade de mercadoria oferecida para a venda (ou ofertada) versus seu respectivo preço; se trata de uma curva ascendente visto que quanto maior o preço maior será a propensão de produzir e vender. Além da variável preço, a curva da oferta também é afetada implicitamente pelos custos de produção, leiam-se salários, custos de matérias-primas e até mesmo taxa de juros.

A curva da demanda representa a quantidade que os consumidores desejam comprar baseada no preço da mercadoria. Portanto, a curva tem um aspecto descendente, visto que os compradores compram mais à medida que o preço diminui. Outra variável que afeta esta curva além do preço é a renda dos consumidores; com uma maior renda, os consumidores tendem a gastar mais.

O aumento da renda tem forte influência sobre o deslocamento da curva da demanda, no entanto, outro fator importante a ser analisado é a existência de bens substitutos e/ou complementares. Os bens são considerados substitutos quando um aumento no preço de um deles produz um aumento na quantidade demandada do outro. Por outro lado, os bens são complementares quando um aumento no preço de um deles reduz a quantidade demandada de outro.

O ponto em que as curvas de oferta (S) e demanda (D) se interceptam é chamado de equilíbrio de mercado, onde a quantidade ofertada e a demandada (Figura 18).

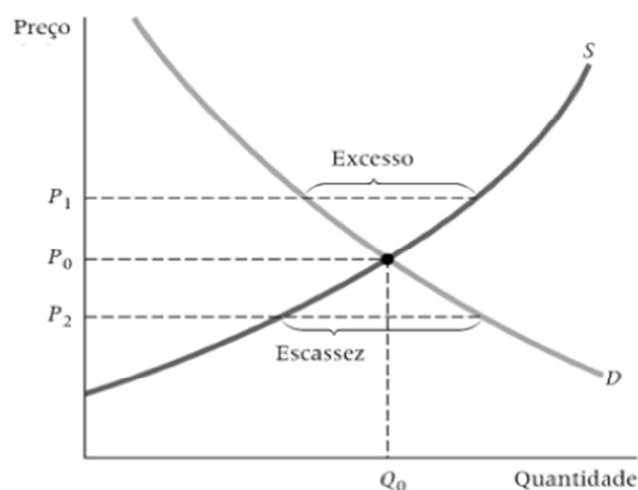


Figura 18 - Curva de oferta e demanda.

Fonte: (Pindyck & Rubinfeld, 2006)

O mecanismo do mercado sempre tenderá ao equilíbrio, no entanto pode haver momentos de excesso de oferta, quando o preço se encontra acima do preço de equilíbrio, situação em que a quantidade ofertada excede a quantidade demandada. Ou o contrário, escassez de oferta, quando a quantidade demandada excede a quantidade ofertada (PINDYCK & RUBINFELD, 2006).

2.5.2. Elasticidade da oferta e da demanda

Segundo Pindyck & Rubinfeld (2006), elasticidade é definida através da variação percentual de uma variável após o aumento de 1% em outra variável; em outras palavras, como uma variável pode ser afetada por outra em termos de variação percentual.

Portanto, a elasticidade de preço da demanda relaciona a quantidade (Q) versus o preço (P), conforme equação 1.

$$E_p = \frac{(\% \Delta Q)}{(\% \Delta P)} = \frac{\Delta Q / Q}{\Delta P / P} = \frac{P}{Q} \frac{\Delta Q}{\Delta P} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde %Δ representa a “variação percentual” da variável em análise, no caso acima temos a variação da quantidade versus a variação do preço. A variação percentual é calculada através da diferença absoluta da variável dividida pelo valor original (PINDYCK & RUBINFELD, 2006).

A elasticidade da demanda é um valor negativo, visto que sua interpretação parte do pressuposto que o aumento do preço resulta na redução da quantidade demandada. Alguns economistas se referem à magnitude da elasticidade preço, representada pelo seu valor absoluto.

Se a magnitude da elasticidade é superior a 1, conclui-se que a demanda é elástica ao preço, o que significa dizer que “o percentual de redução da quantidade demandada é maior que o percentual de aumento no preço” (PINDYCK & RUBINFELD, 2006). No caso da magnitude da elasticidade seja negativa, a demanda é inelástica ao preço. Nesse caso, pode haver bens que permitam a substituição daquele cujo preço subiu. Em outras palavras, o aumento no preço faz com que o consumidor escolha outra mercadoria, definida como um bem substituto (PINDYCK & RUBINFELD, 2006).

2.5.3. Modelos para Compreender a Trajetória dos Preços das commodities

As diferenças entre o preço a vista e o preço futuro pode ser explicada através da teoria dos estoques e como os agentes o gerenciam. Consequentemente, para commodities armazenáveis, os modelos desenvolvidos nos últimos 50 anos visam compreender o volume produzido e armazenado de uma determinada commodity para estimar seu respectivo preço e compreender sua trajetória ao longo do tempo.

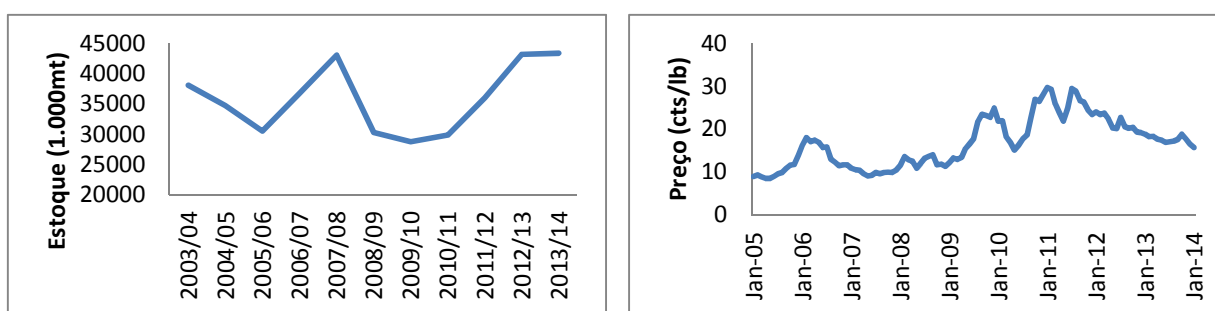
A teoria dos estoques, desenvolvida pelos economistas a partir de 1930, mostra que manter um estoque físico de uma commodity tem vantagens positivas, quando o estoque é utilizado para atender a uma demanda não esperada, evitar ajustes de custo, problemas na produção; no caso de commodities agrícolas também se considera condições climáticas adversas.

Para analisar e estimar a volatilidade do preço é necessário entender o papel dos estoques. Fama e French (1987) realizaram estudos estatísticos que constaram que a variância do

preço da commodity reduz de acordo com os níveis dos estoques. Williams e Wright (1991) através de seus estudos concluíram que a volatilidade dos preços geralmente aumenta depois do período da colheita até a próxima safra. Geman e Nguyen (2002) estudaram o comportamento dos preços da soja por um período de 10 anos e constataram que a volatilidade do preço pode ser descrita como uma função inversa do estoque (Fama & French, 1987) (Williams & Wright, 1991) (Geman & Nguyen, Soybean inventory and forward curves dynamics, 2002).

Analisando o volume do estoque mundial do açúcar versus o preço (Figuras 19 e 20) pode-se observar que quando o nível de estoque está baixo o preço aumenta, o que mostra que existe uma elevada correlação negativa entre o nível do inventário versus o preço.

Geman (2005) relata que o preço da commodity se relaciona negativamente com o estoque, e ambas as variáveis são inversamente relacionadas ao nível global de estoque. Desta forma, o estudo sobre estoques tem ganhado popularidade para justificar as trajetórias das curvas dos preços (Geman, *Commodities and commodity derivatives: modeling and pricing for agriculturals, metals, and energy*, 2005) (Samuelson, 1965).



Figuras 19 e 20 – Histórico do estoque e preço do açúcar.

Fonte: USDA (Maio, 2014) e bloomberg. Adaptado pelo autor

2.5.4. Estudos recentes sobre o comportamento dos preços do açúcar

No artigo publicado pelo USDA em Maio de 2013, buscou-se analisar alguns fatores que afetam o preço mundial do açúcar bruto. O estudo explorou primeiramente a influência de longo prazo dos custos de produção do setor sucroalcooleiro da região Centro-Sul do Brasil. Posteriormente, analisou o impacto do desequilíbrio entre a oferta e demanda mundial do açúcar e o papel desempenhado pelos estoques. Por fim, o estudo avaliou o comportamento dos preços do açúcar mediante as projeções de início de safra da oferta e da demanda através das estimativas disponibilizadas pelo mercado.

Segundo o artigo, a importância de analisar o efeito do custo de produção do Brasil sobre o preço dessa *commodity* se deve ao fato desse país ser o maior produtor e exportador de açúcar do mundo desde 2005. Um dos motivos da vantagem competitiva perante aos demais países produtores é seu baixo custo de produção e alto rendimento agrícola. As usinas têm a flexibilidade em produzir açúcar e etanol; na média as usinas têm alta capacidade industrial e a safra é mais longa do que a de outros países. Todos estes fatores contribuem para que o Brasil tenha uma boa eficiência produtiva e elevadas taxas de utilização da capacidade.

A depreciação da moeda (R\$), desde 2003, tem impactado negativamente os custos do setor. As mudanças nos custos de produção do Brasil afetam diretamente os preços de açúcar no mercado internacional. O estudo mostrou que existe retorno constantes de escala sobre a tecnologia de produção de açúcar; portanto, os preços mundiais refletem o equilíbrio no longo prazo entre o preço do açúcar e os custos da região Centro-Sul do Brasil (HALEY, 2013)

Além dos custos, o autor do artigo analisou a influência das estimativas imprecisas de oferta e demanda no passado recente sobre o preço do açúcar bruto. De acordo com a teoria econômica, quando a produção excede o consumo, tendo como resultado o aumento dos estoques, ocorre uma pressão para a redução do preço e vice-versa.

O estudo revela que os índices de consumo e produção *per capita* não possuem alta correlação (0,37 de acordo com os resultados estatísticos) e, conseqüentemente, não apresentam a mesma tendência. No entanto, o estudo mostra que ambas as variáveis, assim como as interações entre elas, têm impacto sobre o preço mundial do açúcar (HALEY, 2013).

McConnell *et al* (2010) ressaltam que a flexibilidade das usinas em produzir açúcar e etanol favorece a volatilidade do preço do açúcar, devido principalmente à demanda crescente do uso de etanol como combustível no Brasil.

Outro fator que os autores relatam como importante influência sobre a volatilidade dos preços de açúcar diz respeito a mudanças nas políticas dos países asiáticos, principalmente a da Índia (MCCONNELL, DOHLMAN, & HALEY, 2010).

A Índia é um dos maiores consumidores de açúcar do mundo, no entanto a produção indiana é caracterizada por ciclos, dada a forte influência do governo; em outras palavras, a Índia em algumas safras altera seu perfil de exportador líquido de açúcar para importador, o que resulta em mudanças significativas na curva de oferta e demanda mundial (MCCONNELL, DOHLMAN, & HALEY, 2010)

Na Índia, por exemplo, o governo estabelece o preço que será pago pelas usinas para os produtores de cana-de-açúcar, assim como estabelece o preço do açúcar e gerencia o estoque do mesmo. Conseqüentemente, com base em preços relativos, os produtores podem optar por

produzir cana-de-açúcar ou outra cultura. No entanto, vale ressaltar que o governo geralmente altera as políticas de comercialização para incentivar a produção nos anos de déficits (MCCONNELL, DOHLMAN, & HALEY, 2010)

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução à econometria: regressão linear

Segundo Brooks (2002), a econometria representa uma união da Teoria Econômica, Metodologia Estatística e Ferramentas Matemáticas. Desta forma, tem-se como maior objetivo dar um caráter quantitativo a relações econômicas, confrontar a Teoria Econômica com os fatos e até mesmo analisar o comportamento de variáveis econômicas.

De acordo com a teoria da econometria aplicada a finanças, existem basicamente três tipos de dados que podem ser empregados em uma análise quantitativa de problemas financeiros: dados de séries temporais, dados de seção transversal (Cross-Section) e dados em painel. Neste estudo foram utilizados dados de séries de tempo, concentrando-se, principalmente, na técnica de análise de regressão, mas considerando as propriedades de integração e co-integração da séries utilizadas.

A definição de análise de regressão baseia-se em uma forma matemática de descrever uma relação entre uma variável e um conjunto de outras variáveis, ou seja, uma forma de explicar o comportamento de uma variável com base no comportamento de outra(s) variável(is).

Consequentemente, a variável cujo comportamento deseja-se explicar é chamada de variável dependente, geralmente representada por Y nos modelos econométricos. Enquanto que a

variável cujo comportamento supostamente explicaria o comportamento de Y , é nomeada de variável independente, geralmente representada por X (BROOKS, 2002).

Na equação 2, que representa um modelo estatístico, a variável Y depende apenas de uma variável X , e supõe-se que a relação entre as variáveis seja linear.

$$Y = \alpha + \beta X + \mu_t \quad \text{Eq. 2}$$

Onde α e β são parâmetros a serem estimados e o termo μ_t representa o componente aleatório de Y , que não é observado. Geralmente, para que se possa ter uma ideia de quais são os valores estimados, que caracterizam a relação entre X e Y , uma primeira aproximação pode ser dada por um diagrama de dispersão. O termo μ_t captura algumas características da relação que são importantes, listadas a seguir:

- Eventos aleatórios afetando Y ,
- Elementos que afetam Y e que não puderam ser incorporados ao modelo,
- Erros de medida em Y , e
- Não linearidades na relação entre Y e X .

A teoria postula que o modelo deve ser construído de tal forma que os três últimos fatores listados acima afetem muito pouco o termo μ_t (BROOKS, 2002).

Para garantir boa performance do modelo de regressão linear em termo de estimativas dos parâmetros e testes de hipóteses deve-se garantir que a variância do termo erro seja constante e que a esperança dele seja zero e, ainda, que não exista autocorrelação de resíduos perturbações (BROOKS, 2002)

Outro fator relevante que podem afetar os resultados é a multicolinearidade entre as variáveis independentes, significando que existem duas ou mais variáveis com alta correlação (HAIR JR, ANDERSON, TATHAM, & BLACK, 1995)

A multicolinearidade perfeita ocorre se duas ou mais variáveis apresentam uma relação linear exata entre elas. Nesse caso, o modelo não pode ser estimado. O mais comum é a ocorrência de relações entre variáveis X que não sejam exatas.

Os principais efeitos quando se tem multicolinearidade entre duas ou mais variáveis são: os erros-padrão dos coeficientes tornam-se “inflados” artificialmente, reduzindo assim os valores das estatísticas t . Nesse caso, alguns coeficientes podem apresentar-se estatisticamente não diferentes de zero quando na verdade eles têm influência sobre a variável dependente. Segundo, a covariância entre dois coeficientes é muito elevada, tornando assim a interpretação de cada um dos coeficientes bastante problemática. Resultado: existe dificuldade em separar os efeitos das variáveis explicativas sobre a dependente, podendo haver até mesmo troca de sinal dos coeficientes estimados.

3.2. Modelagem de séries temporais: tendência e volatilidade

Algumas séries temporais não apresentam média constante e mostram períodos de grande volatilidade após períodos de estabilidade. Podem apresentar mudanças de nível e tendência. Neste caso diz-se que as séries são não estacionárias (ENDERS, 2004). Estacionariedade significa que a série tem média e variância constante ao longo do tempo, e a covariância também depende do intervalo de tempo (GUJARATI, 2000).

Alguns testes podem ser realizados para verificar a presença de componentes responsáveis pelo processo de formação da série temporal, dentre eles o de raiz unitária, que permitem determinar se uma série é ou não estacionária, ou seja, se tem ou não tendência estocástica.

Espera-se que choques em uma série dissipem-se no tempo e que ela retorne à sua média do longo prazo. Consequentemente uma série estacionária vai flutuar em torno de uma média de longo prazo, terá uma variância finita e a correlação diminuindo conforme a série se prolonga (Enders, 2004)

Em contrapartida, uma série não estacionária possui média variável e/ou variância não constante no tempo (ENDERS, 2004). Nesse caso, um choque ocorrido há muito tempo atrás mantém seu efeito sobre a série de interesse da mesma forma que um choque ocorrido no passado recente, o que não é condizente com o que ocorre em situações reais. A transformação dos dados, como em logaritmos, por exemplo, é indicada para remover não estacionariedade da série em relação à variância, enquanto a(s) diferença(s) de valores consecutivos das séries é indicada para remover não estacionariedade em relação à média (tendência estocástica). Os testes de raiz unitária são utilizados para analisar a necessidade ou não de se utilizar diferenças para que a série se torne estacionária. (Enders, 2004)

Há, no entanto, séries que são não estacionárias por terem tendência determinista e, em alguns casos, é difícil identificar se a série é não estacionária pelo fato de ter esse tipo de tendência ou estocástica (raiz unitária).

Fuller, 1976 e Dickey e Fuller (1979, 1981), citado por Enders, 2004, desenvolveram uma metodologia para identificar a presença de raiz unitária em uma série temporal. O procedimento baseia-se na seguinte equação:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 3}$$

Para que a série seja estacionária, o valor de a_1 precisa estar entre -1 e 1. ϵ_t é o termo de erro, o qual deve ter média zero, variância constante e ser não correlacionado no tempo. (Enders, 2004)

Essa equação pode ser especificada de maneira mais elaborada, de forma a representar diferentes processos de formação da série temporal que está sendo testada. Ela pode conter termos deterministas (constante e tendência) e defasagens da variável explicativa para eliminar problemas associados à autocorrelação de resíduos, como será discutido no tópico a seguir.

3.2.1. Teste Dickey-Fuller

No teste de Dickey-Fuller consideram-se 3 equações de regressão para verificar a presença de raiz unitária. A primeira equação é um modelo de passeio aleatório puro, a segunda acrescenta uma constante, enquanto a terceira equação inclui uma constante e uma tendência linear do tempo, representadas pelas equações 5, 6 e 7. O teste é baseado no uso de autoregressão de primeira ordem, para obter o valor de γ e seu respectivo desvio padrão (ENDERS, 2004).

$$y_t = \gamma y_{t-1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 4}$$

na qual: $H_0: \gamma = 1$ contra $H_A: |\gamma| < 1$, o que equivale a testar a equação 5a.

$$\Delta y_t = (\gamma - 1)y_{t-1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 5a.}$$

onde: $H_0: \gamma - 1 = 0$ contra $H_A: \gamma - 1 < 0$.

Não rejeitar a hipótese nula indica que o processo tem raiz unitária, portanto não é estacionário. Vale ressaltar que para os testes de raiz unitária não se utiliza a distribuição padrão t de *Student*, mas sim os valores de distribuição denominadas τ (ENDERS, 2004).

Considerando que os processos formadores das séries possam ter constante e tendência utilizam-se as equações 6 e 7, respectivamente.

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 5}$$

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \beta t + \epsilon_t \quad \text{Eq. 6}$$

No caso de modelos com intercepto, adota-se a estatística τ_μ para o coeficiente do termo defasado, enquanto que para testar a presença de tendência utiliza-se τ_τ (ENDERS, 2004).

Para testar simultaneamente a presença de um termo de intercepto e/ou tendência mais raiz unitária, utilizam-se os testes denominados ϕ , que correspondem a testes F. O teste ϕ_1 verifica a hipótese nula de $(\alpha, \gamma) = (0, 1)$ contra $(\alpha, \gamma) \neq (0, 1)$. O teste ϕ_2 verifica a hipótese nula de $(\alpha, \beta, \gamma) = (0, 0, 1)$ contra $(\alpha, \beta, \gamma) \neq (0, 0, 1)$. Por fim, o teste ϕ_3 verifica a hipótese nula de $(\alpha, \beta, \gamma) = (\alpha, 0, 1)$ contra $(\alpha, \beta, \gamma) \neq (\alpha, 0, 1)$. Os valores críticos para essas distribuições estão tabulados em (Dickey & Fuller, 1981), conforme mencionado por Enders, 2004.

3.2.2. Teste Dickey-Fuller Aumentado

Como nem todo processo de séries temporais é possível ser representado por um modelo auto-regressivo de primeira ordem, foi desenvolvido o teste de Dickey-Fuller aumentado que considera um processo auto-regressivo de ordem p , conforme equações 8, 9 e 10. (Enders, 2004)

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \lambda_i \Delta y_{t-i+1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 7}$$

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \lambda_i \Delta y_{t-i+1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 8}$$

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \beta t + \sum_{i=2}^p \lambda_i \Delta y_{t-i+1} + \epsilon_t \quad \text{Eq. 9}$$

Com:

$$\gamma = -[1 - \sum_{i=1}^p \alpha_i]$$

$$\lambda_i = [\sum_{j=1}^p \alpha_j]$$

Nas equações 8, 9 e 10, o coeficiente de interesse é γ ; caso $\gamma = 0$ a série tem raiz unitária.

A determinação do valor de p é dado pelos critérios de Akaike (AIC) e Schwarz (SC) como mostra as equações 11 e 12, respectivamente.

$$AIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \left(\frac{2}{T}\right) \cdot (\# \text{ parâmetros}) \quad \text{Eq. 10}$$

$$SC = \ln \hat{\sigma}^2 + \left(\frac{\ln T}{T}\right) \cdot (\# \text{ parâmetros}) \quad \text{Eq. 11}$$

A variável $\hat{\sigma}^2$ representa a soma dos quadrados dos resíduos do processo auto-regressivo de ordem p , enquanto que T representa o número de observações da amostra. No exemplo de uma série com 12 defasagens da variável dependente, para dados mensais, são realizados ajustes sucessivos; conclui que o modelo mais adequado é o que resultar no menor

valor de para os critérios acima. Para esta análise usa-se o teste Q de Ljung Box, o qual verifica a existência ou não de autocorrelação serial; conseqüentemente auxilia na determinação do p (ENDERS, 2004).

No teste de Dickey-Fuller aumentado considera-se que os erros são estatisticamente independentes e possuem variância constante. Dado tal restrição, Phillips e Perron (1988) desenvolveram uma generalização do teste de Dickey-Fuller que permite associar algumas suposições sobre a distribuição dos erros, levando em consideração a menor natureza restritiva dentro do processo dos erros (Phillips & Perron, 1988) (ENDERS, 2004).

Baseado no teste de raiz unitária de Dickey e Fuller, Elliott, G., Rothenberg, T. J. & J.H. Stock (1996) desenvolveram um teste de raiz unitária (o qual será utilizado no presente estudo) que tem melhor performance para pequenas amostras. Ele tem, geralmente, maior poder que o teste ADF quando há no processo gerador da série média e tendência não observáveis. Esse teste, que se encontra apresentado no Apêndice III é feito em dois passos. No primeiro passo faz-se uma filtragem para a série considerando que ela tenha constante ou constante e tendência. No segundo passo faz-se um teste de raiz unitária convencional com as séries pré-filtradas. (ENDERS, 2004)

Os valores críticos foram tabulados por Elliott-Rothenberg-Stock (1996) no caso de constante e tendência (-2,62 para 0,10% de probabilidade, -2,91 para 0,05% de probabilidade e -3,42 para 0,01% de probabilidade). Para séries com constante, os valores críticos são os tabulados por Dickey e Fuller (1976) para o modelo sem tendência e sem constante.

O número de defasagens a ser utilizado na segunda etapa do teste é determinado pelo critério de Akaike modificado, que também consta do Apêndice III.

3.3. Co-integração e mecanismos de correção de erros

O conceito de co-integração introduzido por Engle e Ganger (1987) diz que um conjunto de variáveis não-estacionárias pode ter uma relação estável de longo prazo. Desta forma, a relação de equilíbrio no longo prazo significa que as variáveis não são independentes e, portanto, tem seus caminhos temporais ligados (Engle & GRANGER, 1987).

A teoria adotada baseia-se na análise de um conjunto de variáveis em equilíbrio no longo prazo, conforme equação 13. Ao considerar β e x_t como vetores, o sistema estará em equilíbrio quando $\beta x_t = 0$. Como resultado, o desvio no longo prazo resultará na equação 14.

$$\beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt} = 0 \quad \text{Eq. 12}$$

Pode-se escrever:

$$\beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt} = \epsilon_t$$

se o termo de erro for uma série estacionária, isto implica que as variáveis são co-integradas e, portanto, tem uma relação de longo prazo.

$$\epsilon_t = \beta x_t \quad \text{Eq. 13}$$

De acordo com a teoria, os componentes do vetor x_t são ditos co-integrados de ordem d , b denotados por $x_t \sim CI(d, b)$ se (i) todos os componentes de x_t são integrados de ordem d e (ii) existe um vetor de co-integração $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, tal que a combinação linear $\beta x_t = \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt}$ seja integrada de ordem $(d - b)$, onde $b > 0$ (ENDERS, 2004).

Engle-Granger (1987) resumam os principais passos para a realização dos testes de co-integração:

1. Primeiramente testa-se a ordem de integração das variáveis, a co-integração aplica-se a variáveis integradas de mesma ordem.
2. Identifica-se a variável dependente e, posteriormente, estima-se a relação de equilíbrio de longo prazo conforme Equação 15.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + e_t \quad \text{Eq. 14}$$

3. Testa-se co-integração utilizando as equações 16 e 17.

$$e_t = \alpha e_{t-1} + \mu_t \quad \text{Eq. 15}$$

ou

$$\Delta \hat{e}_t = \alpha \hat{e}_{t-1} + \mu_t \quad \text{Eq. 16}$$

Com: $\emptyset = \alpha - 1$

Caso a série seja auto-correlacionada, a equação 17 é ajustada, conforme Equação 18.

$$\Delta \hat{e}_t = \emptyset \hat{e}_{t-1} + \sum_{j=1}^m \theta_j \Delta \hat{e}_{t-j} + \mu_t \quad \text{Eq. 17}$$

Conclui-se que as variáveis são co-integradas se a hipótese de raiz unitária for rejeitada. Uma condição necessária é que se $\emptyset < 0$.

O modelo de correção de erro bivariados pode ser representado pela Equação 19.

$$\Delta y_t = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta z_t + \omega \hat{e}_{t-1} + v_t \quad \text{Eq. 18}$$

com: $\hat{e}_{t-1} = y_{t-1} - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 z_{t-1}$

3.4. Função de Transferência

Através da metodologia de função de transferência apresentada em Vandaele, 1983, é possível especificar modelos que incluem variáveis explicativas e termos auto-regressivos. Estes últimos termos representam, entre outros aspectos, variáveis que não estão presentes na equação por problemas associados a graus de liberdade (quando se trabalha com séries com um número pequeno de observações). Considera-se, neste caso, que a influência das variáveis explicativas omitidas estão fazem parte do passado histórico da série de interesse, e que elas são representadas por termo(s) auto-regressivo(s) incluído(s) no modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste apresentam-se os dados utilizados no estudo e, posteriormente, as premissas e a especificação dos modelos ajustados.

4.1. Levantamento de dados

Os modelos foram ajustados com dados anuais dos anos 1982 a 2014, visto que, como relatado na revisão bibliográfica, os anos anteriores à década de 80 era dominado pela importação de países desenvolvidos, havendo, portanto uma mudança na estrutura do mercado.

Como *proxy* da série de preços de preço internacional de açúcar foi utilizada a de cotações do contrato futuro de Açúcar Bruto No. 11 Bolsa de Mercadorias de Nova York (ICE Futures US) – 1º. Vencimento, extraída da Bloomberg.

As médias mensais dessa série são apresentadas na Figura 21. Como tanto a produção quanto o estoque são dados anuais, houve a necessidade de se anualizar esses dados para o ajustamento dos modelos. A anualização foi feita considerando os meses do ano-safra internacional – outubro a setembro.

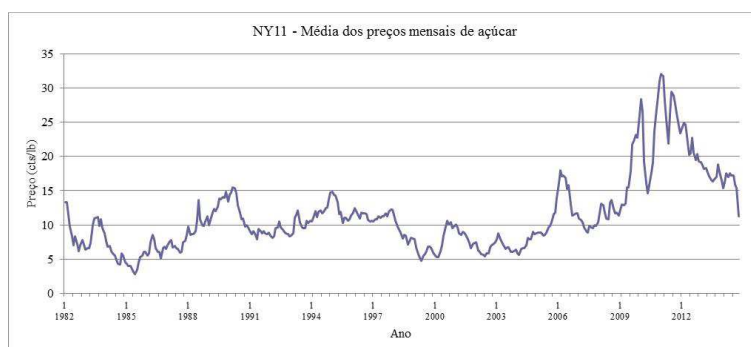


Figura 21 - Preço internacional do açúcar bruto cotado em NY11.

Fonte: Bloomberg

As séries de produção dos principais países de açúcar e estoque mundial foram extraídas do banco de dados do USDA. Foram considerados, para o presente estudo, os cinco maiores produtores de açúcar dos últimos anos. Como mostra a Tabela 7, os cinco maiores produtores de açúcar mundiais são: Brasil com 21% da produção mundial de açúcar, Índia com 16%, União Europeia com 9%, China com 8% e Tailândia com 6%. Em seguida a tabela mostra os maiores consumidores de açúcar e o estoque final.

Tabela 7 – Dados mundiais de produção e estoque de açúcar.

	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	Maio 2014/15	%
Produção							
Brasil	36,400	38,350	36,150	38,600	37,800	36,800	21%
Índia	20,637	26,574	28,620	27,337	27,045	27,900	16%
Europa	16,897	15,939	18,320	16,655	16,100	16,300	9%
China	11,429	11,199	12,341	14,001	14,346	13,700	8%
Tailândia	6,930	9,663	10,235	10,024	11,390	11,000	6%
Outros	61,075	60,215	66,500	70,869	69,022	69,889	40%
Total	153,368	161,940	172,166	177,486	175,703	175,589	100%
Estoques Finais							
Índia	6,223	6,299	7,163	11,068	10,413	9,813	22%
China	2,355	1,621	4,140	6,793	8,494	8,049	18%
Tailândia	2,343	2,983	2,810	3,616	4,906	4,906	11%
Europa	1,433	1,974	3,303	3,981	3,781	3,831	9%
Indonésia	750	602	409	879	1,264	1,614	4%
Outros	14,928	15,729	17,124	17,641	16,657	16,228	37%
Total	28,032	29,208	34,949	43,978	45,515	44,441	100%

Fonte: USDA

Vale ressaltar que os dados extraídos pelo USDA referente aos volumes de produção e estoques são referenciados pelos dados de safra de cada país (Tabela 8).

Tabela 8 – Meses que compreendem o ano safra de cada país referente aos dados de produção e estoques extraídos do USDA.

País	Anos	Ano de Mercado
Brasil	1995-2015	Maio à Abril
Brasil	1975-1994	Junho à Maio
Brasil	1955-1986	Setembro à Agosto
China	1955-1959	Maio à Abril
China	1960-1987	Setembro à Agosto
China	1988-2015	Outubro à Setembro
EU-15	2001-2004	Agosto à Julho
EU-15	1960-2000	Outubro à Setembro
EU-25	2005-2007	Agosto à Julho
União Europeia	2007-2013	Maio à Abril
Índia	1976-2015	Outubro à Setembro
Tailândia	1955-1979	Setembro à Agosto
Tailândia	1980-2015	Dezembro à Novembro

Fonte: USDA, 2014

4.2. Resultados das aplicações dos testes de Raízes Unitárias

Os testes de raiz unitária (DF-GLS) foram realizados utilizando o critério de Akaike modificado (MAIC) para definição do número de defasagens a ser utilizado no modelo. Eles foram ajustados em duas versões: com constante e com constante e tendência. Os resultados, apresentados no Apêndice I, mostram que, ao nível de significância de até 10%, as seguintes séries apresentam raiz unitária:

- Preço no mercado internacional de açúcar, no modelo com constante e tendência
- Estoque final, nos dois modelos (embora a 11% de probabilidade a série tenha se apresentado estacionária no modelo com constante e tendência)

- Produção de açúcar no Brasil, nos dois modelos
- Produção de açúcar na Tailândia, nos dois modelos
- Produção de açúcar na Índia, nos dois modelos
- Produção de açúcar na EU, nos dois modelos, (embora a 12% de probabilidade a série tenha se apresentado estacionária no modelo com constante e tendência)
- Produção de açúcar na China, no modelo com constante
- Produção de açúcar na Índia, modelo com constante

Os resultados indicam que as séries são estacionárias na primeira diferença, o que será considerado nos ajustes dos modelos. Com muitas vezes é difícil diferenciar uma série com tendência estocástica (raiz unitária) de uma série com tendência determinista, optou-se por ajustar os modelos considerando as duas possibilidades¹. No caso de se incluir a tendência, as séries serão utilizadas no nível, incluindo termo(s) auto-regressivo(s) para eliminar problemas associados à correlação de resíduos e captar efeito de variáveis não incluídas por problemas associados a graus de liberdade.

¹ Sabe-se que os testes de integração e co-integração usados para determinar a necessidade de se construir modelos de correção de erro são indicados para amostras grandes, que não é o caso do presente estudo. Dessa forma, optou-se por ajustar modelos considerando as duas possibilidades (tendência determinista – incluindo uma variável tendência e séries nas diferenças incluindo um termo de correção de erro).

4.3. Resultados dos modelos que explicam a formação do preço internacional e estoque

Numa primeira etapa avaliou-se o efeito do estoque final na definição do preço internacional de açúcar. O estoque dependem de variáveis relacionadas à oferta e à demanda de açúcar. No entanto, incluir essas variáveis em um modelo em que o estoque é uma das variáveis explicativas implicaria em multicolinearidade entre essas variáveis, o que não permitiria isolar os efeitos individuais. A existência de multicolinearidade pode resultar em não significância estatística e mudança de sinal dos coeficientes, como já mencionado. Assim, um primeiro modelo foi ajustado incluindo apenas o estoque com variável explicativa.

Posteriormente, foi ajustado um modelo para captar o efeito da produção dos principais países na formação do estoque. Como, por problemas de graus de liberdade, seria impossível incluir todos os deslocadores das curvas de oferta e demanda que afetam a formação de estoque, optou-se por usar um modelo misto, no qual algumas variáveis cujos impactos se quer quantificar são incluídas e os efeitos das demais, como sinaliza a metodologia de função de transferência, são representadas por termo(s) auto-regressivo(s). Considera-se que o efeito dessas variáveis não incluídas está contido no passado histórico da série que está sendo modelada (Vandaele, 1983).

Por último, ajustou-se um modelo no qual o preço internacional é a variável dependente e a produção dos principais países as variáveis explicativas.

4.4. Modelos relacionando o preço do açúcar no mercado internacional ao estoque.

Considerou-se, inicialmente, que o estoque final do ano-safra explica o preço internacional daquele ano-safra. Esse modelo, conforme definido no tópico anterior, foi ajustado em duas versões: com tendência estocástica e com tendência determinista.

Os resultados apresentados na Tabela 9 (modelo com tendência estocástica) indicam que o efeito do estoque sobre o preço internacional é de grande magnitude. Um aumento de 1% no estoque faz com que o preço no mercado internacional caia 0,77%. No caso do modelo em que se tem uma tendência determinista (Tabela 10), a elasticidade é de -1,25 (sendo o próprio coeficiente da variável, uma vez que os dados foram transformados em logaritmo).

Tabela 9 – Resultados do modelo de correção de erro para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque.

Variável	Coeficiente	Significância
DLESTOQUE1	-0,765348633	0,04142613
RES{1}	-0,088290642	0,043809863

Obs: 1. A variável RES{1} representa o termo de correção de erro que foi construído através de vetor de co-integração incluindo constante.

2. Termos auto-regressivos incluídos nesse modelo e a constante não se apresentaram estatisticamente significativos.

Tabela 10 – Resultados do modelo de tendência determinista para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque.

Variável	Coeficiente	Significância
Constante	13,49672743	0,00000527
Tendência	0,04344989	0,00000338
LESTOQUE1	-1,24789411	0,0000096
LN{1}	0,41681358	0,00060326

Obs. LN{1} expressa a variável dependente defasada.

Alternativamente, considerou-se um modelo em que o estoque final do ano-safra anterior (estoque de passagem do ano anterior) explica o preço internacional. Os resultados, apresentados nas Tabelas 11 e 12 apontam elasticidades de -0,73 e -0,94 para os modelos com tendência estocástica e tendência determinista, respectivamente.

Enquanto o estoque no final do ano-safra em questão, representa excesso de oferta naquele ano, o estoque de passagem do ano anterior contribui para a oferta do ano-safra em questão. Era de se esperar, menor magnitude neste último caso, pois a oferta do ano-safra de referência depende da produção e de fatores relacionados à demanda daquele ano, e estoque de passagem do ano anterior é um dos componentes da oferta do ano-safra de referência.

Tabela 11 – Resultados do modelo de correção de erro para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque defasado.

Variável	Coeficiente	Significância
DLESTOQUE2	-0,729916963	0,02896086
RES{1}	-0,691721305	0,00079094

Obs: 1. A variável RES{1} representa o termo de correção de erro que foi construído através de vetor de co-integração incluindo constante.

2. Termos auto-regressivos incluídos nesse modelo e a constante não se apresentaram estatisticamente significativos.

Tabela 12 – Resultados do modelo de tendência determinista para explicar o preço no mercado internacional tendo com argumento o estoque defasado.

Variável	Coeficiente	Significância
Constante	10,66093869	0,00862144
Tendência	0,03654702	0,0028921
LESTOQUE2	-0,94936711	0,01225561
LN _Y {1}	0,35809787	0,04717563

Obs. LN_Y{1} expressa a variável dependente defasada.

4.5. Modelos para explicar a formação de estoques de açúcar com base na produção dos principais países produtores da commodity.

Os principais produtores de açúcar durante a safra 2013/2014 foram Brasil, Índia, União Europeia, Tailândia e China, conforme mostra a Figuras 22.

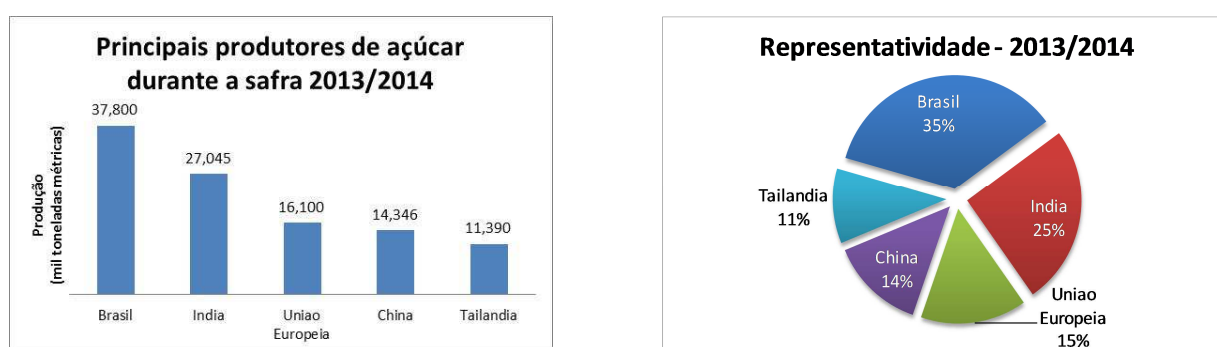


Figura 22 - Principais produtores de açúcar durante a safra 2013/2014 e sua representatividade na amostra.

Fonte: (USDA, 2014)

Os resultados do modelo de correção de erro ajustado para explicar a formação de estoque de açúcar com base na produção dos principais países nesse contexto foram reportados na Tabela 13. A produção brasileira de açúcar se mostrou a de maior relevância. A elasticidade encontrada foi de 0,34, significando que um aumento de 1% na produção brasileira causa um aumento de 0,34% nos estoques internacionais. A produção da China apresentou-se a segunda mais importante para explicar a formação dos estoques internacionais, sendo a elasticidade de 0,23. A produção dos demais países apresentaram coeficientes não significativos estatisticamente. Vale mencionar, no entanto, que a produção da Índia teve coeficiente significativo a 0,14 de probabilidade, não se podendo descartar completamente a hipótese de que ela tenha influência na formação do estoque internacional da commodity.

Tabela 13 - Resultados dos modelos ajustados para explicar a formação de estoque internacional de açúcar (modelo de Correção de Erro).

Variável	Coeficiente	Significância
1 Constante	-0,029815975	0,11776184
2 DLPRODBR	0,344574796	0,08295208
3 DLPRODEU	0,213737591	0,30109438
4 DLPRODTAI	0,099616544	0,38130162
5 DLPRODIND	0,160522328	0,13605256
6 DLPRODCHINA	0,228008919	0,04835896
7 DLESTOQUE1{1}	0,4320768	0,0098363
8 RES{1}	-0,473188359	0,00407287

Obs: 1. A variável RES{1} representa o termo de correção de erro que foi construído através de vetor de co-integração incluindo constante.

2. DLESTOQUE1{1} expressa a variável dependente defasada.

No caso do modelo de correção de erro ajustado para explicar a formação de estoque com base na produção dos principais países, os resultados apresentados na Tabela 14 mostram

que a produção do Brasil e a da Índia são as mais relevantes, seguidas pela da Tailândia. O coeficiente da produção da China apresentou-se não significativo estatisticamente e o da produção europeia significativo a 0,20 de probabilidade.

Os resultados encontrados nesta análise são robustos em indicar o Brasil como o principal país responsável pela formação dos estoques mundiais.

Tabela 14 - Resultados dos modelos ajustados para explicar a formação de estoque internacional de açúcar (modelo de Correção de Erro).

Variável	Coefficiente	Significância
1 Constante	-8,205714681	0,00270762
2 TREND	-0,044851622	0,00018701
3 LPRODBR	0,437659208	0,00156136
4 LPRODEU	0,190310191	0,2008201
5 LPRODTAI	0,240959872	0,03074875
6 LPRODIND	0,372984514	0,00089097
7 LPRODCHINA	0,028029508	0,7950692
8 LESTOQUE1{1}	0,703961311	0,00000185

Obs.: DLESTOQUE1{1} expressa a variável dependente defasada.

4.6. Modelos para explicar a formação de preço no mercado internacional de açúcar com base na produção dos principais países produtores da commodity.

Os resultados do modelo de correção de erro especificado para explicar a formação do preço no mercado internacional de açúcar com base na produção dos principais países são apresentados na Tabela 15. Verificou-se, pelos resultados encontrados, que a produção brasileira de açúcar tem o segundo maior impacto sobre o preço internacional dessa commodity. Uma variação de 1% na produção brasileira faz com que o preço no mercado internacional tenha uma queda de 0,72%. No caso da China, a elasticidade encontrada foi de -0,84. Os coeficientes das variáveis: produção da Tailândia e da Europa não se apresentaram estatisticamente significativos. Contrariamente ao esperado, a produção da Índia apresentou coeficiente com sinal positivo e significativo.

Tabela 15 - Resultados do modelo de correção de erro ajustado para explicar a formação de preço internacional de açúcar.

Variável	Coeficiente	Significância
1 Constante	0,071204121	0,10577977
2 DLPRODBR	-0,718442838	0,11983052
3 DLPRODEU	-0,01042374	0,98217765
4 DLPRODCHINA	-0,845038879	0,0036492
5 DLPRODIND	0,467061695	0,03618616
6 DLPRODTAI	0,045790216	0,86347853
7 RES{1}	-0,396257523	0,0072644

Obs: 1. A variável RES{1} representa o termo de correção de erro que foi construído através de vetor de co-integração incluindo constante.

2. Termos auto-regressivos incluídos nesse modelo não se apresentaram estatisticamente significativos.

O modelo alternativo ajustado com as séries no nível, incluindo uma tendência (Tabela 16) apresentaram resultados que indicam que a produção brasileira de açúcar tem o maior impacto no preço internacional dessa commodity, sendo a elasticidade encontrada de -1,00. O coeficiente da variável produção da Tailândia não se apresentou estatisticamente significativo, assim como o da Índia. O coeficiente da produção da União Europeia é significativo a 13% de probabilidade e o da China a 15%, não se podendo, desta forma, descartar completamente a hipótese de que essas variáveis tenham efeito sobre a formação do preço internacional. A elasticidade encontrada foi de -0,71 no caso da União Europeia e de 0,50 no caso da China.

No APENDICE II são apresentadas as funções de correlação cruzada das produções dos principais países com o preço no mercado internacional de açúcar. Todas as produções foram tomadas como tendo influência contemporânea sobre o preço e sobre o estoque.

Tabela 16 - Resultados do modelo de tendência determinista ajustado para explicar a formação de preço internacional de açúcar.

Variável	Coeficiente	Significância
1 Constante	23,86101641	0,0079735
2 Tendência	0,10604971	0,00898779
3 LPRODBR	-1,00502122	0,03427692
4 LPRODEU	-0,71316896	0,12947079
5 LPRODCHINA	-0,5027358	0,15299248
6 LPRODIND	-0,11208732	0,69542196
7 LPRODTAI	-0,23203495	0,50221971
8 LNY{1}	0,55654944	0,01575125

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a década de 80, o Brasil realizou grandes investimentos no setor sucroalcooleiro através do Proálcool. O país se tornou o maior produtor e exportador de açúcar mundial, com uma representatividade significativa perante aos demais países produtores da *commodity*.

A área dedicada ao cultivo de cana-de-açúcar e a produtividade vem crescendo consideravelmente nas últimas décadas. Neste estudo, concluiu-se que a produção brasileira de açúcar tem impacto estatisticamente significativo tanto na formação do estoque mundial (elasticidade de 0,44) como na formação do preço internacional do açúcar (elasticidade de 0,75 a 1,00).

Pôde-se constatar que o estoque final tem maior influência sobre preço internacional do que o estoque inicial. Enquanto o estoque no final do ano-safra representa o excedente de consumo (oferta menos demanda) daquele ano, o estoque do ano anterior (estoque de passagem) é apenas parte da oferta do ano em questão. Dessa forma, o resultado encontrado era o esperado.

Nas funções de correlação cruzada estimadas com as séries pré-filtradas observou-se efeito do preço internacional de açúcar sobre *o mix* de produção açúcar/etanol brasileiro e não o contrário (Apêndice 2), motivo pelo qual essa variável não foi incluída no modelo para explicar a formação do preço do açúcar no mercado externo.

A exportação de açúcar do Brasil não foi incluída no modelo pelo fato de estar relacionada à produção brasileira (problemas associados à multicolinearidade), mas a sua influência pode ser observada de forma indireta através da produção. Considerando que o

consumo interno tem pouca variação, as exportações estão diretamente associadas à produção doméstica e tem impacto semelhante sobre os preços internacionais.

Embora o Brasil tenha grande influência sob a ótica da oferta (produção e estoque), o estudo mostrou que outros países também são importantes nesse contexto, como foi o caso da Índia no caso de estoque e a da China no da formação do preço. No Apêndice 2, os testes estatísticos mostram que o preço internacional do açúcar direciona a produção da Índia. Sabe-se que as políticas governamentais têm forte influência sobre a produção de açúcar no país.

Vale ressaltar que algumas variáveis climáticas também interferem na produção brasileira de açúcar; estas variáveis não foram consideradas no estudo em questão, mas poderiam ser utilizadas em estudos futuros para avaliar o efeito direto de variáveis que afetam a produção no país.

No presente estudo concluiu-se que o *mix* de produção brasileiro responde ao preço internacional. No entanto, neste trabalho não se abordou outros aspectos que podem afetar a decisão de se produzir mais açúcar ou mais etanol. Fica com sugestão também analisar a interferência dos custos da produção brasileira na definição do *mix*, assim como os efeitos da taxa de câmbio, do preço doméstico do açúcar e do etanol, quantificar o volume de açúcar e etanol fixado junto às tradings, ou seja, variáveis que afetam na decisão da usina em otimizar a distribuição da cana nas plantas industriais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANP. (s.d.). ANP. Acesso em 2014, disponível em Agência Nacional do Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis:
http://www.sindicogas.com.br/Download/Arquivo/09.02.12%20B_634647290120078512.pdf
- Brennan, M. (1958). The supply of storage. *American Economic Review* , 48, 50-72.
- Brooks, C. (2002). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press.
- CONAB. (2014). Fonte:
http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (July de 1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica* , 49 (4), pp. 1057-1072.
- Dickey, D., & Fuller, W. A. (June de 1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with unit root. *Journal of the American Statistical Association* , 74, pp. 427-431.
- Elliott, G., Rothenberg, T. J. & J.H. Stock (1996) 'Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root,' *Econometrica*, Vol. 64, No. 4., pp. 813-836
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, INC.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (March de 1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica* , 55, pp. 251-276.
- Fama, E., & French, K. R. (1987). Commodity futures prices: Some evidence on forecast power, premiums and the theory of storage. *Journal of Business* , 60, 55-73.
- FAO. (2000). FAO. Acesso em 2014, disponível em
<http://www.fao.org/docrep/006/y4343e/y4343e05.htm>
- FAS. (2014). *Foreign Agricultural Service*. Acesso em 2014, disponível em
<http://www.fas.usda.gov/data/sugar-world-markets-and-trade>
- Fuller, W. A. (1976). *Introduction to statistical time series*. New York: John Wiley.
- Geman, H. (2005). *Commodities and commodity derivatives: modeling and pricing for agriculturals, metals, and energy*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Geman, H., & Nguyen, V. N. (2002). Soybean inventory and forward curves dynamics.
- Gibson, R., & Schwartz, E. S. (1990). Stochastic convenience yield and the pricing of oil contingent claims. *Journal of Finance* , 45, 959-976.

- Gujarati, D. (2000). *Econometria Básica*. São Paulo: Makron Books.
- Hair Jr, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1995). *Multivariate Data Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Haley, S. (May de 2013). World Raw Sugar Prices: The influence of Brazilian Costs of Production and World Suplus/Deficit Measures. *United States Department of Agriculture: SSS-M-297-01*.
- Hannah, A. C. (1997). *FAO*. Fonte: <http://www.fao.org/docrep/005/x0513e/x0513e00.htm>
- Hannah, A. C. (1997). *FAO*.
- Helmer, R. M., & Johanson, J. K. (May de 1977). An exposition of Box - Jenkins transfer function analysis with an aplication to the advertising - sales relationship. *Journal of Marketing Research*.
- Kaldor, N. (1939). Speculation and economic stability. *The review of economic studies*, 7, 1-27.
- Keynes, J. (1930). *The Applied Theory of Money*. London: Macmillan & Co.
- Machado, F. d. (Novembro de 2003). *jornalcana.com.br*. Acesso em Maio de 2014, disponível em brasil-a-doce-terra-historia-do-setor: <http://www.jornalcana.com.br/brasil-a-doce-terra-historia-do-setor>
- MAPA. (2014). Fonte: Ministerio da agricultura, pecuaria e abastecimento: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/preços/JULHO_2014/Paridade%20T%C3%A9cnica%20Etanol%20-%20Gasolina%20SP.pdf
- McConnell, M., Dohlman, E., & Haley, S. (2010). *World Sugar Price Volatility Intensified by Market and Policy Factors*. (A. Waves, Ed.) Acesso em Aug de 2014, disponível em USDA: <http://ers.usda.gov/AmberWaves/September10>
- Mills, T. C. (1990). *Time series technics dor ecnomists*. New York: Cambridge University.
- Oliveira, A. X., & Pino, F. A. (1985). Elasticidade em modelos de séries temporais. *Encontro Brasileiro de Econometria*. RJ: Sociedade Brasielira de Econometria.
- Phillps, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regession. *Biometria*, 75 (2), pp. 335-346.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2006). Microeconomia. In: *Microeconomia*. Pearson Prentice Hall.
- Ramos, P. E., & Belik, W. (Abril de 1989). Intervenção estatal e a agroindústria canavieira de São Paulo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 27, pp. 197-214.

Ramos, P. (Outubro de 1999). Situação atual, problemas e perspectivas da agroindústria canavieira de São Paulo. *Informações Econômicas* , pp. 9-24.

Routledge, B., Seppi, D. J., & Spatt, C. S. (2000). Equilibrium Forward Curves for Commodities. *Journal of Finance* , 55 (3), 1297-1338.

Samuelson, P. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. *Industrial Management Review* , 6, 41-49.

SAS Institute. (1988). SAS/ETS user's guide.

SHIKIDA, P. (1998). *A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995*. Acesso em 05 de 2014, disponível em Biblioteca Digital da FGV: [HTTP://BIBLIOTECADIGITAL.FGV.BR/OJS/INDEX.PHP/RBE/ARTICLE/VIEWFILE/746/1740](http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/viewfile/746/1740)

Szmrecsanyi, T. (1979). *O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil*. São Paulo: Hucitec/Unicamp.

Szmrecsanyi, T., & Moreira, E. P. (1991). O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. *Estudos Avançados* , 5 (11), pp. 57-79.

Telser, L. (1958). Futures trading and the storage of cotton and wheat. *Journal of political Economy* , 233-255.

UDOP. (Agosto de 2014). *Uniao dos Produtores de Bioenergia*. Fonte: http://www.udop.com.br/download/estatistica/economia_chuvas/1991a2014_historico_ribeirao_preto.pdf

UNICA. (s.d.). *Uniao da Industria de Cana-de-Açúcar*. Acesso em May de 2014, disponível em Unica data: <http://www.unica.com.br/mapa-da-produção/>

USDA. (2014). *United States Department of Agriculture*. Acesso em May de 2014, disponível em <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx>

Vandaele, W. (1983). *Applied time series and Box - Jenkins models*. New York: Academic Press.

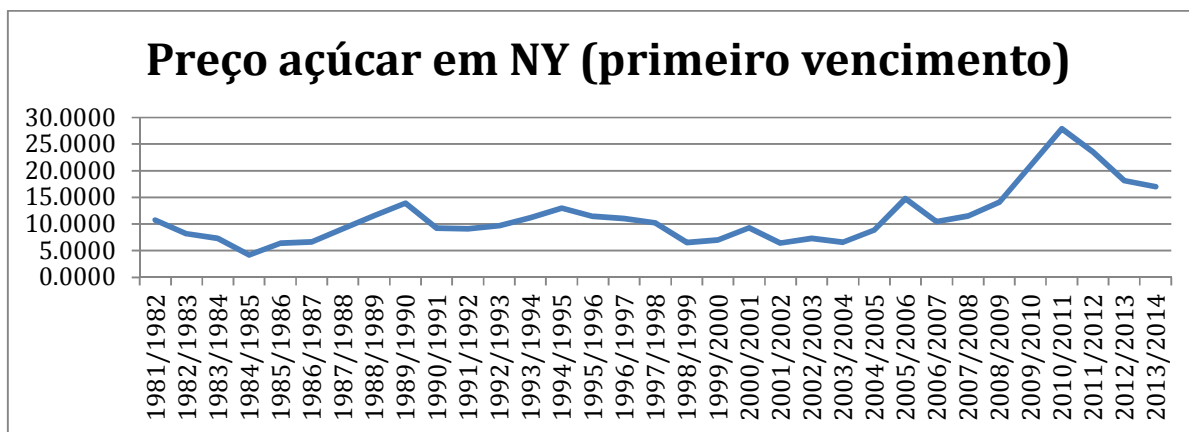
Williams, J., & Wright, B. D. (1991). *Storage and Commodity Markets*. Cambridge University Press .

Working, H. (1948). Theory of the inverse carrying charge in Futures markets. *Journal Farm Economics* , pp. 1-28.

Apêndice I

Resultados dos testes de raiz unitária

1. Preço de açúcar no mercado internacional



1.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	3.601*	5.476	9.002	12.719	5.88	20.638	40.434	26.951	137.789	418.249

Resultados do DF-GLS Tests

Dependent Variable: Preço de açúcar em NY primeiro vencimento

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-1.735	-2.58	-1.95	-1.62

* Elliott et al (1996 Econometrica)

1.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-2.399*	-2.244	-1.965	-2.073	-2.118	-1.586	-0.438	0.058	11.934	23.225

Resultados do DF-GLS Tests

Dependent Variable: Preço de açúcar em NY primeiro vencimento

Using Data from 1 to 33

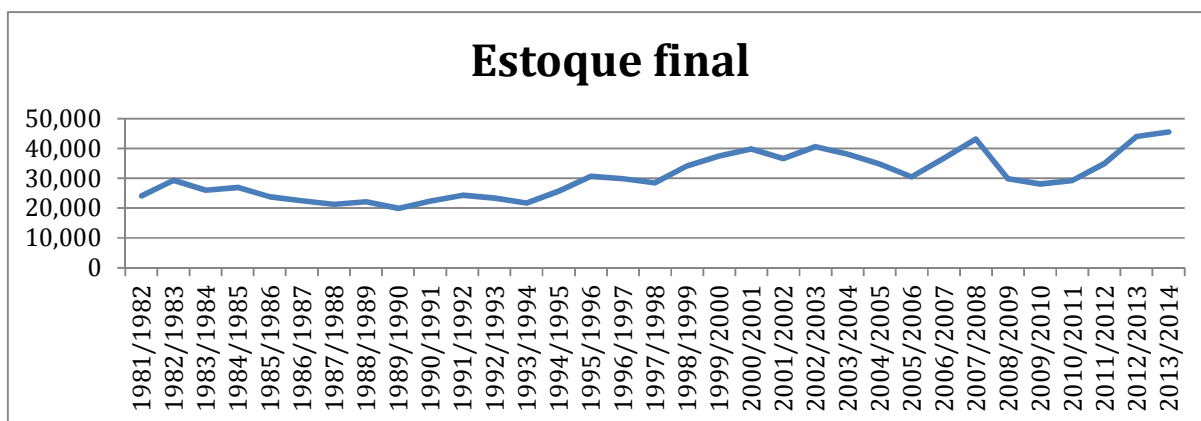
Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-2.271	-3,42	-2,91	-2,62

* Elliott et al (1996 Econometrica)

2. Estoque final



2.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	198.097	216.565	129.22	65.499*	156.27	217.008	461.431	1166.946	4396.652	2221.905

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Estoque final

Using Data from 1 to 33

Lags = 3

Critical values (asymptotic)*

Critical values (asymptotic)				
Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-0.466	-2.58	-1.95	-1.62

2.2. Modelo com tendência e constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-3.860*	-3.51	-3.64	-3.466	-3.145	-2.723	-1.487	1.89	18.574	36.866

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Estoque final

Using Data from 1 to 33

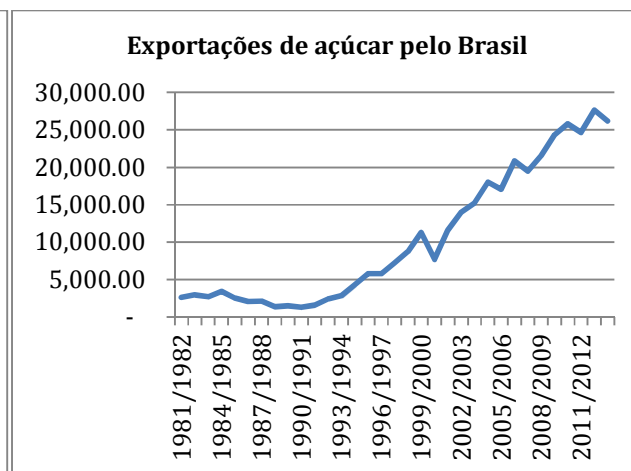
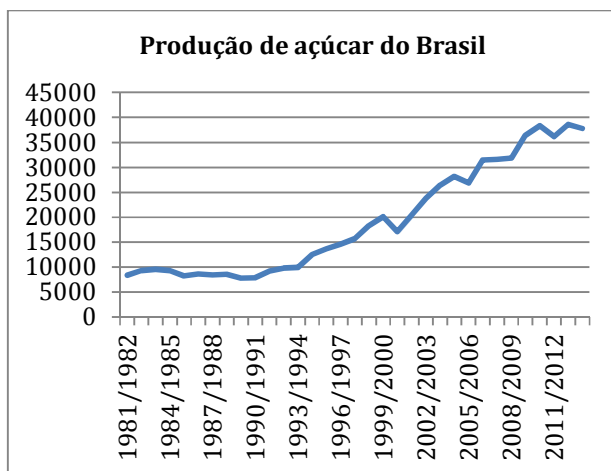
Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-2.385	-3,42	-2,91	-2,62

Significativo a 12%

3. Produção de açúcar do Brasil



3.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-4.837*	-4.049	-2.905	-3.498	32.834	85.069	84.809	87.871	344.841	520.367

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar do Brasil

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

		Critical values (asymptotic)		
Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	0.622	-2.58	-1.95	-1.62

3.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-4.731*	-4.575	-4.453	-4.268	-4.181	-3.437	-3.65	-3.171	-1.534	-1.488

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar do Brasil

Using Data from 1 to 33

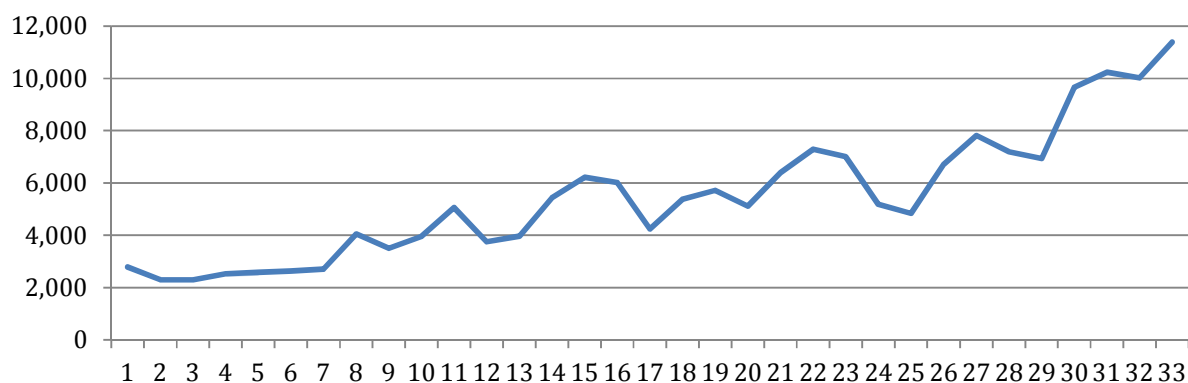
Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic	1%	5%	10%	
DFGLS	-1.543	-3,42	-2,91	-2,62

4. Produção de açúcar da Tailândia

Produção de açúcar da Tailândia



4.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	12.536	24.698	3.421	8.464	18.788	46.468	90.61	0.274*	65.216	202.248

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da Tailândia

Using Data from 1 to 33

Lags = 7

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	0.562	-2.58	-1.95	-1.62

4.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-2.804	-2.182	-2.808*	-2.507	-2.293	-1.236	-1.804	-0.619	3.512	5.255

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da Tailândia

Using Data from 1 to 33

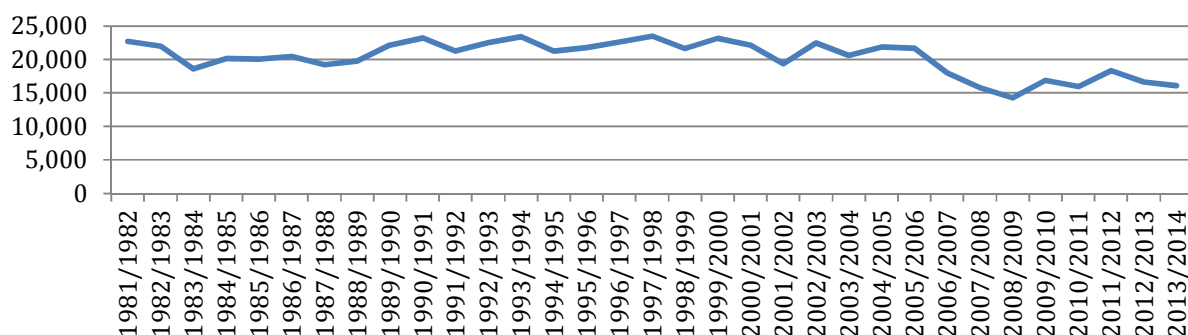
Lags = 3

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-2.159	-3,42	-2,91	-2,62

5. Produção de açúcar da União Europeia

Produção de açúcar da EU



5.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	1260.75	815.155	545.29	445.02	189.56	119.281*	124.966	6585.624	10744.38	54536.72

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da UE

Using Data from 1 to 33

Lags = 5

Critical values (asymptotic)*

Critical values (asymptotic)				
Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-0.368	-2.58	-1.95	-1.62

5.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-4.581*	-4.575	-4.492	-4.378	-4.305	-4.079	-3.729	-2.065	-2.186	-0.159

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da UE

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

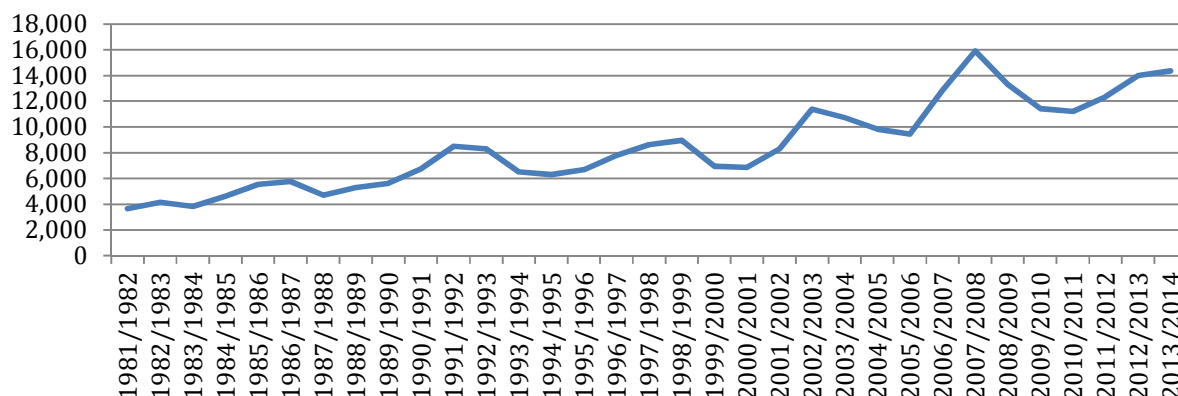
Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-2.437	-3,42	-2,91	-2,62

Significativo a 12%

6. Produção de açúcar da China

Produção de açúcar da China



6.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	69.042*	90.969	145.85	108.6	81.83	118.499	218.164	146.898	272.914	177.297

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da China

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-0.565	-2.58	-1.95	-1.62

6.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-3.347*	-1.318	-0.717	-2.606	-2.331	-2.669	1.363	0.634	3.804	6.876

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da China

Using Data from 1 to 33

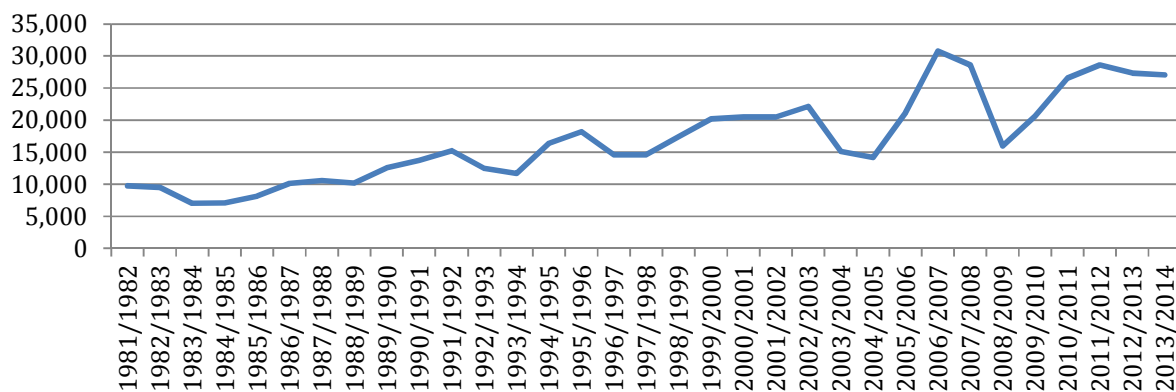
Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Critical Values (Asymptotic)				
Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-3.244	-3,42	-2,91	-2,62

7. Produção de açúcar da Índia

Produção de açúcar da Índia



7.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	69.602*	120.669	73.348	80.977	197.34	355.259	760.715	1210.389	1469.604	2217.906

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da Índia

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-1.135	-2.58	-1.95	-1.62

7.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-2.535*	0.018	-1.091	-1.133	0.502	2.373	3.174	14.281	17.195	12.353

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Produção de açúcar da Índia

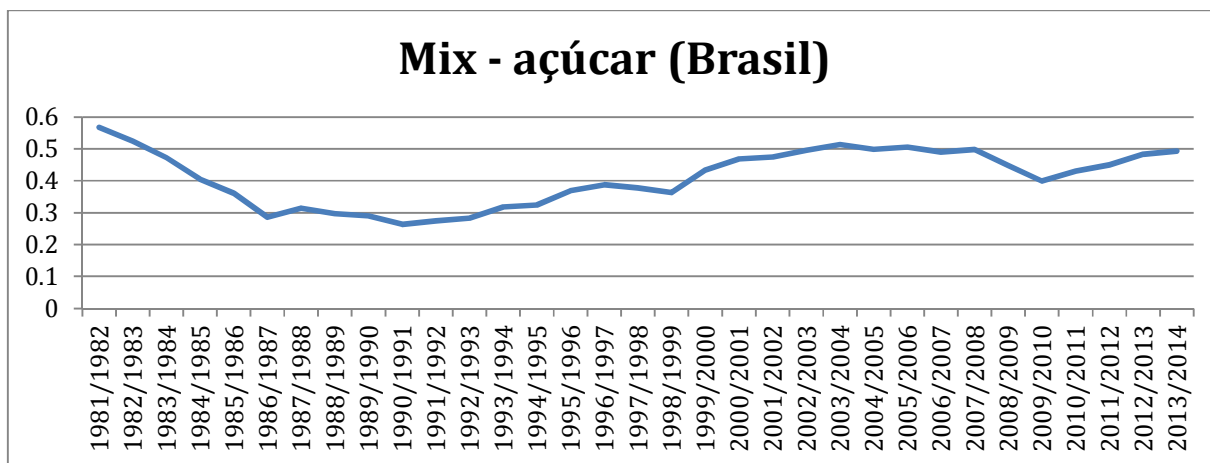
Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-3.795	-3,42	-2,91	-2,62

8. Mix açúcar (Brasil)



8.1. Modelo com constante

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-2.253*	-1.4	-0.066	-0.868	2.448	2.45	10.646	20.392	74.883	65.167

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Mix de acucar Brasil

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic	1%	5%	10%	
DFGLSu	-1.432	-2.58	-1.95	-1.62

8.2. Modelo com constante e tendência

Critério de informação MAIC para a definição do número de defasagens do teste de raiz unitária

Resultados do MAIC:

Lags	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAIC	-4.851	-4.876	-4.88	-4.809	-4.863	-5.07	-5.143	-5.098	-5.12	-5.266*
	-4.711*	-4.677	-4.577	-4.578	-4.359	-4.608	-3.91	-3.111	1.48	0.081

Resultados do DF-GLS Teste

Dependent Variable: Mix de acucar Brasil

Using Data from 1 to 33

Lags = 0

Critical values (asymptotic)*

Test Statistic		1%	5%	10%
DFGLS	-1.264	-3.42	-2.91	-2.62

Apêndice II

Resultados de funções de correlação cruzada:

Foram ajustadas funções de correlação cruzada entre a variável: preço no mercado internacional, representado pelo primeiro vencimento do contrato futuro da Bolsa de NY, e variáveis que potencialmente têm impacto na definição desse preço, sendo elas:

- Estoques mundiais
- Produção brasileira
- Mix de produção açúcar e etanol no Brasil
- Produção da Índia
- Produção na Tailândia
- Produção na China
- Produção na EU

As funções de correlação cruzada foram ajustadas com as séries pré-filtradas, utilizando modelos nas diferenças de primeira ordem e incluindo termos necessários para que o resíduo do “modelo filtro” fosse não correlacionado (Vandaele, 1983). Considerando um nível de significância de 5% de probabilidade, os valores críticos para analisar a significância das correlações é de $1,96/(N^{0,5})$, sendo N o número de observações da amostra.

Os resultados encontram-se a seguir:

Estoques									
Estoque 1 versus preço internacional									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	-0.0869402	0.0691405	-0.0262292	0.0976217	-0.0796317	0.1332223	-0.2041562	-0.1259713	-0.5293564**
Preço internacional versus Estoque 1									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	
Correlação cruzada	-0.0727207	0.3336297	0.1377013	-0.126091	0.0194444	0.0404068	0.4090317	-0.1056455	
* Significativo a 5%									
Os resultados apresentados permitem concluir que estoques elevados causam queda no preço internacional									

Produção Brasileira									
Prod. Brasileira versus preço internacional									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	0.0140613	0.0477987	0.3543272	-0.092197	-0.2516907	-0.094532	-0.0854884	0.3241239	-0.3232678 **
Preço internacional versus prod. Brasileira									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	
Correlação cruzada	0.0829032	0.0362642	0.0649246	-0.116106	0.1004428	-0.011291	0.1438941	-0.2164243	
** Significativo a 10%									
Produção brasileira está negativamente e contemporaneamente relacionada ao preço internacional. Aumenta a produção brasileira e cai o preço internacional									

Mix de produção de açúcar no Brasil									
Mix açúcar versus preço internacional									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	-0.0132554	0.0204964	0.0313671	0.033029	0.0095438	-0.278585	-0.1634624	-0.1452909	0.1838929
Preço internacional versus mix açúcar									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	
Correlação cruzada	-0.1380867	0.4057845*	-0.0946901	-0.11156	0.0059471	0.1520008	0.2093224	0.2303779	
*Significativo até 5% de probabilidade									
O preço no mercado internacional de açúcar sobe e mix brasileiro fica mais direcionado ao açúcar (duas defasagens). O mix é computado de abril a março de cada ano, daí haver duas defasagens para causar o efeito (série de preço internacional – setembro a agosto).									

Produção da Índia									
Produção da Índia versus preço internacional									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	0.0317157	-0.103019	-0.1365505	-0.04009	-0.0730371	0.2267846	-0.2490801	-0.0486499	-0.1011098
Preço internacional versus produção da Índia									
Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	
Correlação cruzada	0.3807873*	0.2657676	-0.1141271	-0.208544	0.0236668	0.1691972	0.0453939	-0.2197195	
*Significativo a 5% de probabilidade									
Preço do mercado internacional causa produção da Índia com uma defasagem.									

Produção da Tailândia

Produção da Tailândia versus preço internacional

Defasagem	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	-0.0076087	0.1402056	-0.3113458	0.0817271	-0.062107	-0.064163	0.0787888	-0.2856026**

Preço internacional versus Produção da Tailândia

Defasagem	7	6	5	4	3	2	1
Correlação cruzada	0.2206756	0.2707011	0.1333119	-0.358976	0.1013904	0.1159881	0.0732403

**Significativo a 10% de probabilidade

Valor crítico a 10% de probabilidade: 0,285

Obs: Preço do mercado internacional causa produção da Tailândia com duas defasagens ao nível de significância de 12%.
Aumento da produção da Tailândia causa queda no preço internacional contemporaneamente.

Produção da China

Produção da China versus preço internacional

Defasagem	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	-0.0661496	-0.181364	-0.2158173	0.082412	0.5032474	0.2412153	-0.0536417	0.1731843

Preço internacional versus Produção da China

Defasagem	7	6	5	4	3	2	1
Correlação cruzada	-0.041933	0.2253026	0.0821995	-0.03182	-0.0067602	-0.101708	0.0024347

Obs. Aumento do preço internacional causa aumento da produção da China 2 a 3 anos após ele ter ocorrido

Produção da Europa

Produção da Europa versus preço internacional

Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Correlação cruzada	-0.0131264	0.1133564	-0.0285524	0.132438	-0.1363842	0.007262	-0.384240*	-0.0588771	0.207692

Preço internacional versus Produção da Europa

Defasagem	8	7	6	5	4	3	2	1
Correlação cruzada	0.0444326	0.0027084	-0.0791434	0.068168	0.063738	-0.073957	-0.0311615	-0.0599321

*Significativo a 5% de probabilidade

Valor crítico a 5%: 0,341

Aumento da produção da EU causa queda no preço internacional após 2 anos.

Apêndice III

Teste DFGLS

Methods and formulas

`dfgls` tests for a unit root. There are two possible alternative hypotheses: y_t is stationary around a linear trend or y_t is stationary with no linear time trend. Under the first alternative hypothesis, the DF-GLS test is performed by first estimating the intercept and trend via GLS. The GLS estimation is performed by generating the new variables, \tilde{y}_t , x_t , and z_t , where

$$\begin{aligned}\tilde{y}_1 &= y_1 \\ \tilde{y}_t &= y_t - \alpha^* y_{t-1}, & t = 2, \dots, T \\ x_1 &= 1 \\ x_t &= 1 - \alpha^*, & t = 2, \dots, T \\ z_1 &= 1 \\ z_t &= t - \alpha^*(t-1)\end{aligned}$$

and $\alpha^* = 1 - (13.5/T)$. An OLS regression is then estimated for the equation

$$\tilde{y}_t = \delta_0 x_t + \delta_1 z_t + \epsilon_t$$

The OLS estimators $\hat{\delta}_0$ and $\hat{\delta}_1$ are then used to remove the trend from y_t ; that is, we generate

$$y^* = y_t - (\hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 t)$$

Finally, we perform an augmented Dickey-Fuller test on the transformed variable by fitting the OLS regression

$$\Delta y_t^* = \alpha + \beta y_{t-1}^* + \sum_{j=1}^k \zeta_j \Delta y_{t-j}^* + \epsilon_t \quad (1)$$

$$\text{MAIC}(k) = \log \hat{\sigma}_k^2 + \frac{2(r_k + k)}{T - k_{\max}}$$

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{1}{T - k_{\max}} \sum_{k_{\max}+1}^T \hat{e}_{t,k}^2$$

$$\text{Kmax} = \text{int}\{12[(T+1)/100]^{1/4}\}$$

Schwert (1989)

$$r_k = (\hat{\rho}_k - 1)^2 * \sum_{k_{\max}+1}^T y_{t-1}^2 / \hat{\sigma}_k^2$$

