

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE  
RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA

RODRIGO TAKEUCHI

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO  
MERCADO DE AÇÚCAR NO BRASIL**

Orientador: Prof. Dr. Alex Luiz Ferreira

RIBEIRÃO PRETO  
2009

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. SUELY VILELA  
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Rudinei Toneto Júnior  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Walter Belluzzo Júnior  
Chefe do Departamento de Economia

**RODRIGO TAKEUCHI**

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO  
MERCADO DE AÇÚCAR NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre.

Área de Concentração: Economia Aplicada  
Orientador: Prof. Dr. Alex Luiz Ferreira

RIBEIRÃO PRETO  
2009

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

*TAKEUCHI, RODRIGO.*

*UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO MERCADO DE AÇÚCAR NO BRASIL, Ribeirão Preto, 2009, 43 p.*

*Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.*

*Orientador: Ferreira, Alex Luiz.*

*1. Eficiência 2. Açúcar 3. Mercado Futuro 4. Cointegração.*

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

*RODRIGO TAKEUCHI*

*UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO MERCADO  
DE AÇÚCAR NO BRASIL*

*Dissertação apresentada ao Departamento de  
Economia da Faculdade de Economia,  
Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto  
da Universidade de São Paulo.*

*Área de Concentração: Economia Aplicada*

*Aprovada em: \_\_\_\_\_*

### **BANCA EXAMINADORA**

*Prof. Dr. Alex Luiz Ferreira*

*Instituição: FEARP – SP*

*Assinatura: \_\_\_\_\_*

*Prof. Dr. \_\_\_\_\_*

*Instituição: \_\_\_\_\_*

*Assinatura: \_\_\_\_\_*

*Prof. Dr. \_\_\_\_\_*

*Instituição: \_\_\_\_\_*

*Assinatura: \_\_\_\_\_*

## ***AGRADECIMENTOS***

*À minha família pelo imenso apoio que sempre me deu,*

*Aos meus amigos pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis,*

*Ao meu orientador por aceitar o desafio,*

*À Prof. Dr<sup>a</sup> Roseli da Silva pela sua atenção e paciência ao longo do curso,*

*À Ana Carolina pela companhia e aprendizado diário,*

*Obrigado.*

## **RESUMO**

*TAKEUCHI, Rodrigo. UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA NO MERCADO DE AÇÚCAR NO BRASIL. 43f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.*

### *Resumo*

O setor sucroalcooleiro se torna cada vez mais importante para economia brasileira devido a sua presença estratégica em diversos segmentos da cadeia produtiva nacional. A contribuição que antes ocorria por meio das exportações de açúcar e do álcool anidro, hoje ocorre também através das vendas domésticas de álcool hidratado e da co-geração de energia elétrica. A maior complexidade da agroindústria de cana-de-açúcar veio acompanhada de maiores riscos nas suas operações. O presente trabalho aborda o risco de mercado, o qual está relacionado a variações indesejadas dos preços do açúcar. Os contratos futuros servem de proteção contra tais oscilações, porém, para que esse instrumento sirva de proteção adequada, é preciso que o mercado seja eficiente em assimilar e refletir todas as informações disponíveis no preço. Por esse motivo, o estudo verificou se a hipótese de eficiência dos mercados futuros e à vista do açúcar é válida. A base de dados foi constituída pelas séries de preços do contrato futuro negociado na New York Board of Trade (NYBOT) e dos preços à vista colhidos pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ), todos em bases diárias no período que compreende junho de 1997 até fevereiro de 2008. Os resultados encontrados mostram indícios da eficiência de mercado.

**Palavras-Chave:** *Eficiência, Açúcar, Mercado Futuro, Cointegração.*

## **ABSTRACT**

*TAKEUCHI, Rodrigo. AN INQUIRY ON THE HYPOTHESIS OF EFFICIENCY IN THE MARKET OF SUGAR IN BRAZIL. 43f. Dissertation (Master Degree) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.*

### **ABSTRACT**

The sugar-ethanol sector turns itself each more relevant to Brazilian economy due its strategic position at the several segments in the national productive chain. A time ago, the contribution of the sector occurred specially for the sugar and alcohol for normal cars foreign trade but today this value receive the contribution of alcohol for flex fuel cars and the generation of energy. Besides the huge complexity of the sugar cane sugar agricultural trade there are the all operational risks involved that can be due the market or due the production. This study broach the subject of market risk, specifically when there is a fluctuation in sugar price and the contracts financial futures work out against these changes. For the mechanism to be a real protection is necessary that the market has the efficiency in to absorb the all existing information about it and to reproduce the effect in the price. For this reason the study aims to analyze about the veracity of the financial futures and spot efficiency hypotheses and the instrument for that investigation was the Engle & Granger cointegration models. The method of Johansen was also used to confirm the robustness of the results found at the first model. The data base was constituted by the financial futures base of the New York Board of Trade (NYBOT) and the spot prices found at “Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ)”, all of them at the daily base. The period used is July, 1997 until February, 2008. The founded results indicate for an existing market efficiency.

**Key words:** *Efficiency, Sugar, Futures Markets, Cointegration.*



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Volume de cana-de-açúcar produzido por estado _____	18
Tabela 2: Testes de raiz unitária para preços à vista e futuro _____	33
Tabela 3: Teste de raiz unitária para os resíduos da regressão _____	34
Tabela 4: Teste de raiz unitária para os resíduos da regressão _____	35
Tabela 5: Critérios de informação para seleção de modelo VAR _____	36
Tabela 6: Testes de Multiplicador de Lagrange para autocorrelação serial _____	37
Tabela 7: Teste do traço para cointegração entre Futuro e à Vista _____	37
Tabela 8: Teste do máximo autovalor para cointegração entre Futuro e à Vista _____	38
Tabela 9: Vetor de Cointegração (FUTURO, A VISTA) _____	39
Tabela 10: Teste de Restrição [1,-1] sobre o vetor de cointegração _____	39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Preços nos mercados futuro e à vista \_\_\_\_\_ 33

Gráfico 2: Raízes inversas do polinômio característico auto-regressivo \_\_\_\_\_ 36

## SÚMARIO

INTRODUÇÃO	11
1. SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO	14
1.2 GERENCIAMENTO DO RISCO NO AGRONEGÓCIO E O CONTRATO FUTURO DE AÇÚCAR	19
2. A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO MERCADO	21
2.1 EFICIÊNCIA DO CONTRATO DE AÇÚCAR	23
3. METODOLOGIA E RESULTADOS	27
3.1 MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE & GRANGER	27
3.2 MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN	29
3.3 BASE DE DADOS	31
3.4 RESULTADOS	32
3.5 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS CONTRATOS FUTUROS DE AÇÚCAR	34
CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	42

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de álcool originou-se a partir do Programa Pró-álcool e expandiu-se com a exigência de mistura obrigatória do produto com a gasolina. Este incentivo do governo ao produto proporcionou alta competitividade brasileira, tanto em açúcar como em álcool, comparativamente aos demais países. Adicionalmente, as condições favoráveis na agricultura, como clima e terra, fazem com que o país tenha vantagens comparativas no setor em relação a outros países produtores de açúcar e álcool, principalmente com relação àqueles que produzem açúcar da beterraba ou do milho. Todos os fatores acima fazem com que o custo de produção do açúcar brasileiro seja inferior ao custo de produção de qualquer outra parte do mundo. Devido a esse fato, os países desenvolvidos colocam diversas barreiras tarifárias e não tarifárias às exportações brasileiras, a fim de evitar que aumentem ainda mais.

O Brasil produziu 493 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2007/2008, pouco menos da metade da produção mundial. No ano de 2007 exportou cerca de 19 milhões de toneladas de açúcar, gerando uma receita da ordem de 5 bilhões de dólares para economia brasileira. Já a produção de etanol cresceu 50% nos últimos dez anos, chegando a mais de 22 milhões de litros produzidos.

A região centro-sul produz aproximadamente 87% da produção brasileira, correspondente a 90% do etanol e 86% do açúcar<sup>1</sup>, sendo que o principal estado produtor é São Paulo, com produção de aproximadamente 62% da produção nacional. Um dos motivos para tal feito é que o estado conta com condições climáticas propícias, além da estrutura logística mais avançada do que nas demais regiões brasileiras.

---

<sup>1</sup> Dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA)

Um fator que veio modificar o setor foi a produção de veículos bicombustíveis (*flex fuel*), que no ano de 2008 correspondeu a 70% das vendas dos veículos leves no país, segundo dados da ANFAVEA<sup>2</sup>. Tal feito traz perspectivas bastante otimistas para o setor, visto que a demanda por álcool para veículos aumentará proporcionalmente ao aumento da frota. Inclusive, outros países, como os Estados Unidos e Japão, pensam em desenvolver essa tecnologia de motores bicombustíveis e outros já começaram a misturar álcool na gasolina de seus veículos.

Devido ao considerável aumento do volume produzido e comercializado, as organizações agrícolas estão sujeitas a riscos sobre montantes mais elevados. Há basicamente dois principais riscos, o primeiro é o da produção agrícola, que pode ser causado por mudanças climáticas, pragas, entre outros, risco que pode ser minimizado através da realização de seguro da safra. O segundo é o risco do preço, que é mais conhecido como risco de mercado, proveniente das flutuações entre o preço de venda à vista e o da entrega futura da mercadoria.

O conhecimento deste risco e de seus componentes é de fundamental importância para uma organização agrícola visto que sua viabilidade econômica pode ser afetada pelas flutuações inesperadas de preços, podendo inclusive gerar prejuízos com impacto na liquidez e na solvência da empresa, no curto ou longo prazo.

Depois de conhecidos os riscos, uma organização agrícola pode utilizar os instrumentos financeiros existentes no mercado para reduzi-los ou administrá-los dentro de patamares aceitáveis; um dos instrumentos é o contrato futuro de açúcar. Ele é utilizado como forma de uma organização agrícola se proteger contra as oscilações prejudiciais no preço do açúcar, desta maneira, consegue-se estabelecer qual será o preço de sua mercadoria no futuro. É de fundamental importância que essas organizações implantem ferramentas de acompanhamento de

---

<sup>2</sup> Associação Nacional dos Fabricantes dos Veículos Automotores

risco dentro da própria empresa, para que possibilitem avaliar, quantificar e gerenciar estes riscos.

Este trabalho busca investigar o comportamento do preço do contrato futuro de açúcar negociado na *New York Board of Trade* (NYBOT), em relação ao preço à vista praticado no mercado interno brasileiro, medido pelo Centro de Estudos Avançados Agrícolas (CEPEA). Investigar-se-á se o mercado é eficiente em assimilar todas as informações disponíveis, ou seja, se todas as informações estão refletidas corretamente no preço de mercado. Dessa forma, não haveria possibilidade dos participantes do mercado obter lucros sem correr risco através de operações simultâneas em dois ou mais mercados.

O primeiro capítulo mostra um breve histórico do setor sucroalcooleiro no Brasil, sua origem e fases intermediárias até os dias de hoje, onde é uma importante *commoditie* da pauta de exportação brasileira, além de possuir fundamental importância na matriz energética de nosso país. Neste mesmo capítulo, abordamos os conceitos de gerenciamento de riscos por parte das agroindústrias sucroalcooleiras. A razão é que a investigação feita nesse estudo ajuda na melhor compreensão do comportamento dos preços do contrato futuro de açúcar e este é um instrumento utilizado pelos agentes envolvidos no setor na busca de gerenciar os riscos de variação de preço, uma vez que eles permitem fixar o preço de compra ou venda em uma data futura.

O segundo capítulo explicita a hipótese de eficiência de mercado, tanto no seu conceito mais amplo, como mais especificamente para o contrato futuro de açúcar. Nele mostramos como os resultados dos trabalhos que investigam o tema são divergentes. O terceiro capítulo aborda a metodologia econométrica utilizada, bem como os resultados alcançados.

Por fim, temos as considerações finais deste trabalho e sugestões para próximos estudos nesse campo de pesquisa.

## **CAPÍTULO 1. SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO**

A agroindústria canavieira no Brasil possui um histórico de intervenção governamental bastante forte, principalmente após a crise de 1929 até o começo da década de 90, onde começa o processo de desregulamentação dos preços da cana-de-açúcar.

O início da intervenção governamental no setor começa em 1931, com a criação da Comissão de Defesa da Produção Açucareira (CDPA), época marcada pela queda na demanda devido a crise de 1929. No entanto, o marco da intervenção governamental foi a criação do Instituto do Açúcar e Alcool (IAA), que ocorreu no ano de 1933. Esse órgão visava controlar a superprodução da agroindústria canavieira, planejando e controlando as diferentes unidades produtoras por meio do estabelecimento de cotas, visando que as mesmas atendessem a demanda doméstica e externa do produto (ALVES, 2002).

Com o advento da segunda guerra mundial, fica arriscado o transporte marítimo de mercadorias, mesmo que para abastecimento interno. Por este fato a região centro-sul, maior consumidora do açúcar, solicita ao IAA autorização para aumento de sua produção, episódio que consolida a região centro-sul como principal produtora de cana-de-açúcar do país, encerrando mais de quatrocentos anos de hegemonia da produção no nordeste do Brasil.

Vários programas foram criados ao longo dos anos pelo IAA com o objetivo de modernizar o complexo agroindustrial brasileiro, porém o Programa Nacional do Alcool - Proálcool, criado em novembro de 1975, foi o que ganhou mais destaque entre eles. Para Alves (2002), “até o advento do Proálcool, a moagem da cana era destinada a produção de açúcar. O álcool era um produto residual da destilação do mel pobre, ou seja, era considerado um subproduto da fabricação do açúcar. Até então, existiam apenas destilarias anexas as usinas”.

As crises do petróleo de 1973 e de 1979 também contribuíram para consolidar os estados do centro-sul como principais produtores, ajudando a alavancar a produção de álcool anidro e hidratado, com destaque para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. À partir de 1986, porém, uma queda do preço do petróleo simultaneamente a elevação do preço do açúcar dá início a crise do Proálcool.

No começo da década de 90 então, inicia-se o processo de abertura comercial da economia brasileira. É neste período que ocorre a extinção do Instituto do Açúcar e Álcool, que motivou o processo de desregulamentação do setor sucroalcooleiro. Os primeiros impactos da desregulamentação são percebidos através da liberação do preço do açúcar em 1990, passando posteriormente para os preços do álcool anidro em 1997, da cana-de-açúcar em 1998 e por último ao preço do álcool hidratado no ano seguinte. À partir de então, os preços passam a variar de acordo com as regras de livre mercado.

A nova ordem estabelecida no setor sucroalcooleiro através do livre mercado trouxe mudanças diversas, sendo que apenas algumas puderam ser consideradas positivas. Do lado positivo, podemos destacar a iniciativa dos produtores de investirem no desenvolvimento tecnológico de suas estruturas produtivas, inovando e propiciando dinâmica para o setor sucroalcooleiro brasileiro. No entanto, do lado negativo, temos a indefinição da política para o setor com relação a participação do álcool combustível como componente da matriz energética do país. Neste momento, quando não havia mais quotas de produção e de exportação garantidas pelo governo, nem fixação de preços e subsídios dados pelo governo, a agroindústria canavieira não encontrou alternativa senão buscar formas de sobreviver em meio a concorrência. É neste contexto, de extinção dos órgãos governamentais ligados ao setor sucroalcooleiro e desinteresse do Estado, devido a crise fiscal que enfrentava, que surge uma profunda reformulação do setor. As mudanças que ocorreram, foram tanto na condução da produção, quanto na forma de



comercialização dos produtos. Segundo Burnquist *et al.* (2002), “o novo contexto de mercados desregulamentados afetou principalmente a forma de comercialização e os preços dos principais produtos finais – o açúcar e o álcool –, e da cana-de-açúcar, matéria prima básica para o setor”. Esta mudança de cenário faz com que as empresas, em função da maior concorrência na colocação de seus produtos finais, dependessem mais de sua eficiência administrativa e econômica. Não resta dúvidas então, que o setor passou por uma profunda mudança depois de tais eventos, passando de mercado com preços definidos pelo governo a um mercado que responde as variáveis de mercado.

Desde então, a agroindústria canavieira vem se modernizando e se consolidando, com as empresas mais eficientes absorvendo aquelas que demonstram menor habilidade em se adaptar ao mercado. Atualmente o setor sucroalcooleiro brasileiro é o mais competitivo do mundo, com custos mais baixos do que os concorrentes e com exportação de maquinário para outros países que ainda estão desenvolvendo a indústria do álcool.

Para Ferreira *et al.* (2007), a tecnologia empregada nesse setor, principalmente com relação ao motor bi-combustível (*flex fuel*), pode se espalhar para outros países, inclusive para os desenvolvidos. Sabe-se que o governo brasileiro esteve em contato com o governo norte-americano para conversar, inclusive, sobre essa tecnologia. É crescente o número de interessados no produto por conta do movimento de conscientização com relação ao meio ambiente, sendo que a cada dia o debate sobre energia limpa e renovável ganha mais espaço nos fóruns de discussões internacionais.

Internamente, no ano de 2005, devido ao Programa do Biodiesel, o Governo Federal criou um novo segmento para o etanol carburante. O biodiesel utiliza o etanol como matéria-prima, reagindo quimicamente com ácidos graxos mediante a presença de um catalisador. Ele

pode substituir, parcial ou totalmente, o óleo diesel e, portanto, representa a inserção do etanol em veículos pesados (LIMA, 2007).

Fica claro, portanto, a dimensão que o setor sucroalcooleiro brasileiro vem ganhando ao longo dos últimos anos, com aumentos significativos na participação em diversas áreas da economia brasileira, seja na matriz energética com o álcool combustível, no setor alimentício com o açúcar ou co-gerando energia junto às usinas hidrelétricas.

### **Estatísticas Recentes do Setor Sucroalcooleiro**

Atualmente a produção brasileira de cana-de-açúcar é explorada em todo território nacional, embora os principais pólos produtores estejam situados nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul. Tratando-se mais especificamente do cultivo de cana em larga escala, São Paulo e o Nordeste são os estados que historicamente são pontos de referência. Mais recentemente a indústria se expandiu ao norte do estado do Rio de Janeiro, em Minas Gerais, Espírito Santo, norte do Paraná e estados do Centro Oeste.

O Brasil é o único país no mundo que consegue manter a produção do açúcar e de álcool ao longo de todo o ano. Sua vasta extensão possibilita a existência de duas regiões produtoras distintas, sendo que a maior delas, a região Centro-Sul, produz nos meses de setembro a fevereiro, o que ocorre de forma alternada com a região Norte-Nordeste, onde a produção se concentra nos meses de março a agosto.

Comparando-se a safra de 1997/1998 com a última observada, em 2007/2008, verificou-se uma elevação de 62,8% na produção de cana-de-açúcar no Brasil. Os dados referentes a safra de 2007/2008 demonstram que foram processadas aproximadamente 493 milhões de toneladas. Na tabela abaixo se pode notar que, com base na safra de 2006/2007, São Paulo representa mais

da metade da participação dos estados no total da produção nacional, sendo que essa proporção se mantém nos dias atuais.

<b>ESTADOS</b>	<b>SAFRA 2006/2007</b>	<b>Participação</b>
SÃO PAULO	263,870,142	62.01%
PARANÁ	31,994,581	7.52%
MINAS GERAIS	29,034,195	6.82%
ALAGOAS	23,635,100	5.55%
GOIÁS	16,140,043	3.79%
PERNAMBUCO	15,293,700	3.59%
MATO GROSSO	13,179,510	3.10%
MATO GROSSO DO SUL	11,635,096	2.73%
PARAIBA	5,107,700	1.20%
RIO DE JANEIRO	3,445,154	0.81%
ESPIRITO SANTO	2,894,421	0.68%
R. G. NORTE	2,397,400	0.56%
BAHIA	2,185,600	0.51%
MARANHÃO	1,660,300	0.39%
SERGIPE	1,136,100	0.27%
PIAUI	706,000	0.17%
PARÁ	697,400	0.16%
OUTROS	523,319	0.12%
<b>BRASIL</b>	<b>425,535,761</b>	<b>100.00%</b>

**Tabela 1:** Volume de cana-de-açúcar produzido por estado (em mil toneladas).

Com relação à variação de álcool produzido também no período entre os anos de 1997/1998 até 2007/2008, houve um aumento de 46% na produção, saltando de cerca de 15,4 milhões de litros, para algo em torno de 22,5 milhões. Pode-se considerar que em grande parte, este aumento é devido ao incentivo gerado pela explosão de vendas de carros com motor bi-combustível (*flex fuel*). A evolução do crescimento nas vendas desse tipo de veículos é representativa, com vendas de 48.178 unidades no ano de 2003, quando esse tipo de veículo começou a ser comercializado e vendas totais de 2.232.679 veículos bi-combustíveis com base nos dados divulgados em 2008 pela Associação Nacional dos Veículos Automotores (ANFAVEA), o que demonstra um

incremento da ordem de 4.530%. Através dessa última informação nota-se a magnitude da mudança ocorrida quanto à produção de álcool nos últimos anos.

## **1.2. GERENCIAMENTO DO RISCO NO AGRONEGÓCIO E O CONTRATO FUTURO DE AÇÚCAR**

O setor sucroalcooleiro brasileiro se torna cada vez mais uma atividade chave para economia brasileira, importante para os setores de alimentos e bebidas, combustível e energia. A cana-de-açúcar é utilizada pelas usinas na produção do açúcar usado nas indústrias de alimentos e bebidas, é também matéria-prima na fabricação do álcool hidratado e anidro que servem como combustível dos veículos automotores e com seu bagaço, gera energia elétrica que é lançada no sistema nacional de energia elétrica. Atualmente o setor passa por transformações políticas, estruturais e de demanda dos produtos no mercado interno e externo.

Devido esta nova dinâmica conquistada, observa-se uma preocupação maior das organizações do setor sucroalcooleiro na reestruturação de suas empresas, seja na parte tecnológica, na profissionalização de seus quadros e até mesmo na gestão dos riscos associados a atividade desenvolvida.

Uma organização agrícola está sujeita a diversos riscos em sua atividade, como o climático, o de pragas, o cambial, preço dos insumos, demanda externa e interna, entre outros. Esses riscos são difíceis de estimar, o que aumenta o desafio em torno da atividade.

Para Barossi *et al.* (2004), as atividades do agronegócio enfrentam dois tipos básicos de risco. O primeiro é o risco de produção, que está ligado a quebra de safra devido a dificuldade de se prever o que se passará do plantio à colheita. Segundo o autor, o seguro de safra pode ser utilizado para o gerenciamento desse risco. O outro tipo seria o risco de mercado, que é proveniente das alterações de preços entre o momento da decisão do plantio e o da venda da

mercadoria. Conforme mencionado anteriormente, esta dissertação se preocupa especificamente com o segundo tipo de risco, o de mercado.

Com objetivo de minimizar esse tipo de risco, ou seja, as oscilações de preços entre dois momentos distintos, foram criados os contratos de derivativos. Segundo Hull (1999), “contratos de derivativos são produtos financeiros que têm seu valor derivado de outro ativo, conhecido como ativo-base”. Deste universo, fazem parte os mercados futuros, os mercados a termo, os mercados de opções e o mercado de swaps.

A função do contrato futuro de açúcar (interesse desse estudo) é permitir que todos os interessados nesta mercadoria possam fixar um preço de compra ou venda em uma data futura, reduzindo o risco de suas variações. O contrato futuro constitui-se em importante ferramenta administrativa para o gerenciamento de risco das organizações agrícolas.

Por meio do contrato futuro gerencia-se os riscos através de *hedge*, que constitui-se de uma ferramenta onde, através da contratação de uma operação se consegue neutralizar os riscos associados a variações nos preços da mercadoria.

O contrato futuro de açúcar, objeto de estudo neste trabalho, é o negociado na *New York Board of Trade* (NYBOT), mais conhecido como “*sugar n° 11*”. O contrato precifica a entrega física de açúcar bruto sem custos de frete para entrega da mercadoria. O tamanho do contrato é de 112.000 pounds, os meses de vencimento são Março, Maio, Junho e Outubro (a partir do ano de 2010 será acrescido o mês de Janeiro aos vencimentos) e o padrão de qualidade é o açúcar bruto com 96 graus de polarização média. O último dia de negociação acontece no último dia útil do mês anterior ao vencimento do contrato.

## CAPÍTULO 2. A HIPÓTESE DE EFICIÊNCIA DO MERCADO

A hipótese de eficiência de mercado como discutida por Fama (1970) estabelece que um mercado eficiente é aquele em que os preços dos ativos refletem todas as informações relevantes existentes para os agentes. A idéia contida nessa hipótese é que nenhuma estratégia de investimento pode ser elaborada visando retornos acima da média do mercado. Para se conseguir um retorno acima da média um participante teria necessariamente que assumir riscos acima da média.

Observando os participantes do mercado, o que se pode identificar claramente é a existência de três tipos de agentes: *hedgers*, especuladores e arbitradores. Os *hedgers* buscam reduzir a exposição ao risco de oscilações de preço no mercado; os especuladores utilizam o contrato futuro para apostar em determinada direção do preço; os arbitradores aproveitam de eventuais diferenças entre preços em diferentes mercados para travar ganhos sem correr risco.

A interação dos diversos agentes do mercado faria com que todas as informações fossem assimiladas, precificando de forma ótima os ativos financeiros do mercado e conseqüentemente, alcançando a eficiência do mesmo. Este é o conceito literal de eficiência nos mercados financeiros como definido por Fama (1970).

Como a hipótese de eficiência dos mercados futuros nos indica que o preço do contrato futuro deve ser uma estimativa não-viesada do preço à vista no futuro, podemos escrevê-la da seguinte maneira:

$$E_t \left( \frac{S_{t+n}}{Q_{t+n}} \right) = F_{t,t+n}, \quad (1)$$

onde  $E_t$  é a expectativa formada no tempo  $t$  (usando as informações disponíveis em  $t$ ),  $S_{t+n}$  é o preço à vista em  $t+n$ ,  $F_{t,t+n}$  é o preço futuro negociado em  $t$  para entrega da mercadoria em  $t+n$ ;  $Q_{t+n}$  é a taxa de câmbio nominal em reais por dólar no período  $t$  (como nosso objeto de estudo é o contrato futuro negociado em NYBOT e do preço à vista ser coletado no nosso mercado interno pelo CEPEA, devemos trabalhar com a mesma unidade de moeda nos modelos).

A explicação da equação (1) pode ser feita do ponto de vista de um especulador. Se o especulador espera, no tempo  $t$ , que o preço à vista do açúcar em  $t+n$  é maior do que o preço futuro sendo negociado em  $t$ , este vai decidir pela compra do contrato futuro. Assumindo que não há imperfeições de mercado (por exemplo, ausência de assimetrias de informação, custos de transação etc), todos os agentes se comportam desta maneira elevando o preço futuro até a igualdade.

Assumindo expectativas racionais, temos que

$$E_t \left( \frac{S_{t+n}}{Q_{t+n}} \right) = \frac{S_{t+n}}{Q_{t+n}} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

onde  $\varepsilon_t$  é o erro de expectativa, o qual possui média zero, ou seja os erros são não sistemáticos.

Desta forma, temos que o preço futuro negociado no momento presente para entrega futura, equivale ao preço à vista no futuro mais o componente de erro  $\varepsilon_t$ :

$$F_{t,t+n} = \frac{S_{t+n}}{Q_{t+n}} + \varepsilon_t. \quad (3)$$

Chamando  $\frac{S_{t+n}}{Q_{t+n}}$  de  $V_{t+n}$ , temos:

$$F_{t,t+n} = V_{t+n} + \varepsilon_t \quad (4)$$

A equação (4) acima será usada nos testes de cointegração entre o preço futuro e o preço à vista mostrados na próxima subseção. Antes, porém, vamos fazer uma breve revisão dos trabalhos empíricos que investigam a hipótese da eficiência no mercado de commodities, com ênfase no mercado de açúcar. Os estudos empíricos sobre o tema mostram que a hipótese de eficiência é controversa e sujeita a constante investigação empírica.

## 2.1. EFICIÊNCIA DO CONTRATO DE AÇÚCAR

A hipótese de eficiência de mercado se mantém para todos os mercados, inclusive para o de commodities agrícolas, como é o caso do contrato futuro de açúcar. Nele, para que a eficiência seja alcançada, as informações devem estar completamente refletidas no preço do ativo, não deixando oportunidades de arbitragem no mercado.

Existem algumas particularidades entre os diferentes tipos de contrato futuro que podem fazer com que o comportamento dos preços difira um do outro. HULL (1997) faz distinção entre contratos ligados a ativos de investimentos e os ligados a ativos de consumo. Segundo o autor, “ativo de investimento é o ativo mantido com objetivo de investimento por número significativo de investidores{...}têm de satisfazer determinada exigência, qual seja, a de que significativo número de investidores mantenha-os apenas por razões de investimento.”. O ativo de consumo é aquele que é mantido para consumo, sem razão de investimento.



A principal razão desta distinção ocorre devido ao diferente tipo de apreçamento entre os contratos futuros desses dois tipos de ativos, visto que o contrato futuro de ativo de investimento permite ao detentor auferir juros a uma taxa livre de risco. Em contrapartida, um contrato futuro de commodities de consumo tem uma taxa de conveniência que se deve ao fato de não ter a mercadoria estocada, visto que é uma mercadoria para consumo e não para investimento. Essas diferenças vão impactar na maneira de analisar o contrato futuro de açúcar.

Cargill e Rausser (1975) utilizaram filtros mecânicos para determinar se existe um comportamento sistemático dos preços futuros das commodities e, por conseguinte, a possibilidade de obtenção de lucro. Os autores testaram a hipótese de que incrementos nos preços futuros de um contrato são independentes e não correlacionados ao longo do tempo. A rejeição de tal hipótese é condição suficiente para não se aceitar a ocorrência de passeio aleatório, mostrando que o mercado não é eficiente. Foram examinadas sete commodities negociadas nas três principais bolsas americanas e os testes foram aplicados a 464 contratos. Realizaram-se diversos testes com o objetivo de se assegurar que os resultados não fossem sensíveis apenas para determinada amostra e, sim, que fosse um procedimento robusto. Em sua conclusão os autores afirmaram,

*“It clearly appears that the random walk model must be rejected as a realistic description of commodity markets...the random walk does not serve as a reasonably accurate explanation of commodity market behavior”.* (CARGILL e RAUSSER, 1975, p. 1051)

LIMA e OHASHI (1999) examinaram o comportamento da memória auto-regressiva dos retornos dos preços futuros do açúcar, os autores pretendiam mostrar que a queda da memória auto-regressiva estava relacionada com o aumento de eficiência do mercado. A conclusão do trabalho aponta para ineficiência do contrato de açúcar devido ao fato da série de preços não

seguir um passeio aleatório, o que mostra que o preço não absorve todas as informações rapidamente.

A partir da década de 90, após os testes de co-integração de Engle & Granger (1987), muitos estudos começaram a utilizar técnicas para variáveis não estacionárias no intuito de verificar a eficiência dos mercados futuros de commodities.

Morgan *et al.* (1994) *apud* Amado *et al.* (2005) demonstrou que para várias commodities, entre elas o cacau, café, açúcar e trigo os mercados futuros são estimadores não-viesados e portanto, para eles não existe prêmio de risco. Outros trabalhos como de Kaminsky e Kumar (1990) concluíram que para o cacau e trigo a hipótese de estimador não-viesado seria rejeitada, porém, neste trabalho os autores consideram a não existência de prêmio de risco nos mercados futuros. Dessa forma, qualquer viés existente nos mercados seria decorrente de uma ineficiência dos mesmos.

Leite e Bressan (2000) estudaram o mercado de café no Brasil e encontraram eficiência do mesmo, mostrando que qualquer novo fluxo de informação é refletido no preço do contrato por meio de operações de arbitragens. Entretanto, em sua conclusão, os autores encontraram ineficiência em 42% dos contratos, possivelmente pelo fato dos agentes não estarem obtendo todas informações relevantes.

Mackenzie *et al.* (2002) estudam os mercados futuros de arroz nos Estados Unidos aplicando também metodologia de cointegração e modelo de correção de erro para analisar eficiência, cujas previsões fora da amostra são comparadas às obtidas por modelos ARIMA a fim de avaliar a performance dos mercados futuros de açúcar como previsor. Os resultados obtidos são também favoráveis à hipótese de eficiência dos mercados futuros de arroz.

Pontes Junior (2004), analisa a hipótese de eficiência no mercado de açúcar brasileiro, nesse estudo os autores utilizam os contratos futuros negociados na BM&F e não na NYBOT.

Em sua conclusão, o autor encontra eficiência para o contrato futuro nacional, mesmo com a baixa liquidez do mesmo. O autor argumenta que os agentes têm pronto aprendizado com as experiências anteriores, e como resultado o mercado se torna eficiente em um curto período de tempo. A conclusão mais geral do trabalho é que a eficiência dos preços no mercado de futuros será tanto maior quanto menor o horizonte de previsão no contrato.

Silva e Takeuchi (2008) investigaram a hipótese de eficiência. Os resultados indicam que existe uma relação de longo prazo significativa entre tais preços. Porém, não foi corroborada a hipótese de o preço futuro é uma previsão não-viesada dos preços à vista, conforme aquela hipótese afirma. O presente trabalho utiliza a mesma metodologia de Silva e Takeuchi (2008), a qual é baseada em procedimentos econométricos robustos para a avaliação da existência de cointegração entre preços à vista e futuro do açúcar. No entanto, esta investigação utiliza uma base de dados diferenciada, pois se utiliza dos preços de exportação desta mercadoria. Conforme mostraremos adiante, a base de dados utilizada aproxima o preço à vista do preço futuro oferecendo maior suporte à hipótese de eficiência.

São muitos os estudos acerca da eficiência dos mercados futuros de commodities, todavia, os resultados não são conclusivos sobre o tema. O presente trabalho visa contribuir com esta discussão, investigando o mercado de açúcar por meio de uma metodologia econométrica alternativa que será apresentada no próximo capítulo do trabalho.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGIA E RESULTADOS

A hipótese de eficiência de mercado foi um tema bastante estudado por economistas ao longo dos últimos anos. Com o advento dos computadores e programas estatísticos, o tema vem ganhando cada vez mais espaço no mundo acadêmico.

Conforme explicado anteriormente, o conceito de eficiência utilizado tem origem no trabalho de Fama (1970), e diz que mercados eficientes são aqueles em que os preços refletem as informações disponíveis, num mercado caracterizado por um grande número de agentes racionais bem informados cujas decisões de compra e venda, fazem com que a informação rapidamente seja refletida no preço de mercado.

Neste capítulo mostraremos como a hipótese representada pela equação (3) será testada além de explicar a base de dados e apresentar os resultados.

### 3.1. MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE & GRANGER

Verificar a existência de cointegração entre variáveis, segundo o método de Engle & Granger (1987), significa verificar se as variáveis  $y_t$  e  $x_t$  têm o mesmo caminho temporal [I(d)], onde d é o número de diferenças exigidas para que a série se torne estacionária. Caso ambas as séries forem caracterizadas pelo mesmo processo, por exemplo, por um processo I(1), pode-se testar se essas variáveis são cointegradas ou não, para isso estima-se a seguinte equação:

$$y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Depois de estimada a equação, verifica-se a estacionariedade do resíduo ( $\varepsilon_t$ ) através da aplicação do teste de raiz unitária. No caso do exemplo anterior, caso o processo seja integrado de ordem um, [I(1)], testa-se os resíduos para identificar se o mesmo é estacionário [I(0)]. Sendo o resíduo estacionário, então existirá cointegração entre as variáveis do modelo, denotado por uma equação de equilíbrio de longo prazo.

Observada a dinâmica de longo prazo na equação (9), pode-se partir para a de curto prazo de acordo com Engle & Granger (1987). Para os autores, se  $y_t$  e  $x_t$  são ambas integradas de ordem (I(1)) e são também cointegradas, então existe uma representação do Modelo de Correção de Erros dada por:

$$\Delta y_t = w_0 + w_1 \Delta x_t - \Pi(y_{t-1} - \alpha - \beta x_{t-1}) + v_t \quad (6)$$

Ao transformar as variáveis, tornando-as estacionárias, perdem-se as relações de longo prazo sugeridas pela teoria econômica. Segundo Bacchi (1994) *apud* Alves (2002), esse problema conduz a estimativas viesadas dos parâmetros, assim como testes inválidos estatisticamente. Uma solução para este problema é utilizar-se de um modelo de Mecanismo de Correção de Erros (ECM), que recuperam as relações perdidas com a diferenciação. Seguindo Alves (2002), “...este mecanismo consiste na inclusão do resíduo da equação de cointegração (defasado de um período) na estimação do modelo econométrico especificados na diferença, originando o Modelo com Correção de Erro.”

### 3.2. MÉTODO DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN

Este método é o mais utilizado nos trabalhos empíricos quando pode existir mais de um vetor de cointegração e/ou endogeneidade do regressor. Neste estudo vamos proceder com os dois métodos na verificação da robustez.

Para que haja cointegração entre o logaritmo do preço a vista e futuro, com vetor  $[1, -1]$ , o que de fato reflete a condição de não-arbitragem e, portanto, de eficiência, é necessário que as duas séries de preço sejam integradas de primeira ordem, ou seja,  $I(1)$ .

Os testes aplicados para verificação da estacionariedade das séries foram os da linhagem ADF (Augmented Dickey & Fuller, 1979).

Caso as duas variáveis em  $X$  integradas de primeira ordem ( $I(1)$ ), ou seja, variáveis que apresentam uma tendência estocástica, pode existir uma relação de longo prazo entre elas que será expressa por até um vetor de cointegração. Para tal análise, parte-se de um Vetor Autoregressivo (VAR) de ordem  $k$ :

$$X_t = \sum_{i=1}^k X_{t-i} + \mu_0 + \mu_1 t + \varepsilon_t \quad (7)$$

onde  $\varepsilon_t \sim \text{Niid}(0, \Sigma)$ , ou seja, os resíduos do VAR devem ser independentes e normalmente distribuídos. Porém, para a validade assintótica das distribuições, basta que os resíduos sejam ruídos brancos (médias nulas, variâncias constantes e não autocorrelacionados). É possível, conforme a equação (11), modelar componentes deterministas em conjunto. A adequada especificação do VAR é, então, a segunda etapa do trabalho empírico (a primeira é a

verificação da ordem de integração), que utiliza critérios de informação para a seleção de defasagem adequada e testes específicos para a presença de componentes determinísticas.

Na presença de séries temporais com raiz unitária (tendência estocástica), o VAR pode ser adequadamente reparametrizado e representado por:

$$\Delta X_t = \mu_0 + \mu_1 t + \Pi_k X_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Pi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

A análise de cointegração, nesta metodologia proposta por Johansen (1991), é então realizada por meio de testes sobre o posto da matriz de coeficiente das variáveis em nível, defasadas de 1 período,  $\Pi_k$ , que representa as propriedades de longo prazo do sistema, enquanto que  $\Pi_i$ ,  $i = 1, \dots, k-1$ , representam o comportamento dinâmico de curto prazo. Se o posto da matriz  $\Pi_k$  é nulo, o sistema é não-estacionário, porém sem qualquer relação de longo prazo identificável, e um modelo econométrico deve ser construído para as primeiras diferenças das variáveis; se o posto é pleno, neste caso igual a um, o sistema em nível já é estacionário; se o posto é reduzido, neste caso igual a zero, há relações de longo prazo (vetores de cointegração) que tornam o sistema estacionário.

Para testar a existência e o número de vetores de cointegração, há duas possibilidades: o teste do traço e do autovalor máximo. Aplica-se, neste trabalho, a estatística do traço, mais robusta na ausência de normalidade:

$$\text{Traço} = -T \sum_{i=r+1}^N \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (9)$$

Onde  $T$  é o tamanho da amostra;  $r$  = número de vetores de cointegração distintos;  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  são as  $N$  correlações canônicas ao quadrado entre  $X_{t-p}$  e  $\Delta X_t$ , em ordem decrescente. Se o valor computado da estatística de traço é menor que o valor crítico, não se rejeita a hipótese de  $r$  vetores de cointegração (JUSELIUS, 2006).

A abordagem econométrica para inferir sobre a eficiência nos mercados de açúcar adotada no presente trabalho consiste, então, em testar a existência de raiz unitária nas séries de preços, inicialmente, para, em seguida, avaliar a presença de cointegração entre elas, e por fim, testar a restrição sobre os parâmetros do vetor de cointegração.

### 3.3. BASE DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo correspondem aos preços do contrato *sugar n°11*, negociado na New York Board of Trade (NYBOT) durante o período de 30 de junho de 1997 até 30 de setembro de 2007. O contrato n.11 da NYBOT tem quatro vencimentos ao ano – março, maio, julho e outubro -, e foi escolhido para este estudo devido a sua maior liquidez quando comparado ao contrato de açúcar negociado na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F). Ele pode ser negociado até o último dia útil do mês precedente ao mês de entrega da mercadoria.

Para o mercado spot foram utilizados os preços divulgados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ) – os preços calculados são uma ponderação dos preços colhidos juntos aos compradores, unidades produtoras (usinas) e grandes intermediários. A região de referência é o Estado de São Paulo, que é subdividido em quatro regiões: Ribeirão Preto, Jaú, Assis e Piracicaba.

Como o preço à vista divulgado pelo CEPEA contém dois impostos, o ICMS e o PIS/COFINS, procedeu-se a extração dos mesmos para viabilizar a comparação entre os preços

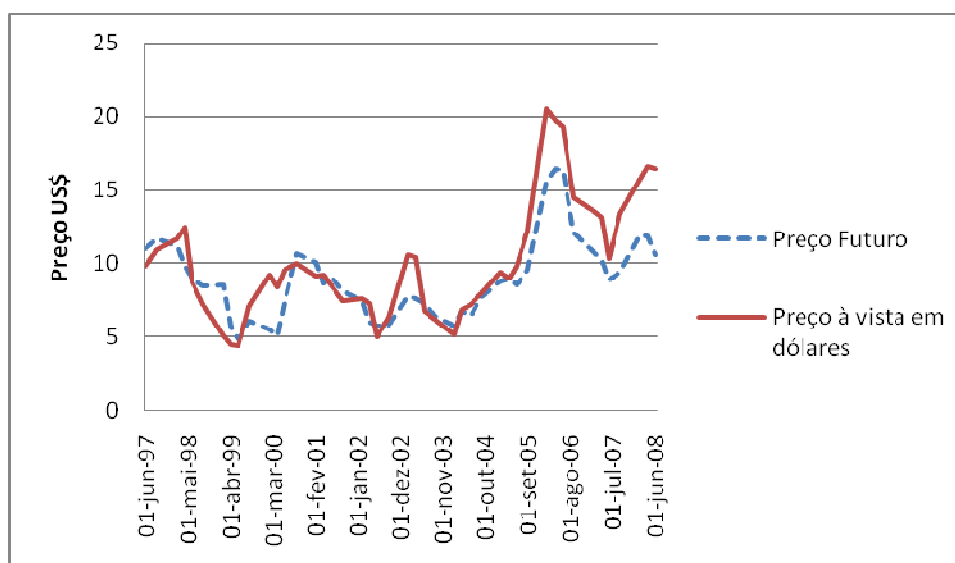


futuro com o à vista. A razão para a correção dos dados é que o contrato futuro estabelece que a entrega da mercadoria deve ser feita no porto de origem, ou seja, a transação é similar à uma exportação de mercadoria FOB (“free on board”). Segundo a medida provisória MP 2.158-35/2001, artigo 14 (parágrafo 1º), as exportações são isentas de PIS. Já o artigo 7º da Lei Complementar 70/91, concedeu isenção de COFINS sobre as receitas oriundas da exportação de mercadorias. Finalmente, a Lei Complementar 87/96, artigo 3º, diz em seu texto que exportações não sofrem incidência de ICMS. Conforme mencionado anteriormente, esta é principal diferença da presente investigação com o trabalho de Silva e Takeuchi (2008). Os resultados apresentados a seguir indicam que tal alteração é importante para a análise da hipótese de eficiência.

Seguindo Silva e Takeuchi (2008) apud Kellard et al. (1999), os logaritmos dos preços futuros correspondentes foram selecionados 28 dias anteriores a partir da maturidade de cada contrato, mantendo a regularidade que a série temporal requer. Dessa forma, a cada ano, há quatro observações para cada série temporal, totalizando 46 observações no período de disponibilidade de dados para cada série.

### **3.4. RESULTADOS**

O gráfico apresentado abaixo mostra a séries do preço à vista e do preço futuro. Uma análise visual sugere que o comportamento das séries tem raiz unitária, ou seja, a variável em questão é não-estacionária.



**Gráfico 1:** Preços nos mercados futuro e à vista (em dólares)  
**Fonte:** CEPEA e Bloomberg

Para verificar a afirmativa acima, procedeu-se com os testes no estilo Dickey Fuller Aumentado para as séries de preços em questão. Os resultados encontram-se na tabela 1 abaixo.

Variável Dependente	Tamanho da Amostra	MAIC (lags)	t-statistic
Preço à Vista	46	4	-0.1636*
Preço Futuro	46	4	-0.056886*

Especificações: \* Sem constante e tendência determinista.

Valores Críticos a 1%: -2.617364

Valores Críticos a 5%: -1.948313

Valores Críticos a 10%: -1.612229

**Tabela 2:** Testes para raiz unitária para preços à vista e futuro.

A tabela 2 mostra os resultados dos testes de raiz unitária. Dado o resultado anterior e aquele encontrado pela literatura correspondente, em especial o de Silva e Takeuchi (2008), podemos concluir que as séries não rejeitam a hipótese nula de presença de raiz unitária por

causa das estatísticas de teste serem maiores que os valores críticos para um nível de significância de 10%, portanto, os preços futuros e à vista não são estacionários. Os testes foram realizados com quatro defasagens, com identificação da defasagem ótima por meio do Critério de Informação de Akaike Modificado (MAIC).

### 3.5 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS CONTRATOS FUTUROS DE AÇÚCAR

Para analisar a eficiência dos contratos futuros, partiu-se para o teste do modelo de cointegração de Engle & Granger. Para isso foi utilizada a seguinte regressão:

$$f_{t,t+n} = \alpha_0 + \beta_0 v_t + \mu_{0t} \quad (10)$$

onde  $\alpha_0$  e  $\beta_0$  são parâmetros e  $\mu_{0t}$  é um erro que segue as propriedades clássicas. Após estimar a regressão em (10), foram realizados os testes para presença de raiz unitária nos resíduos da mesma, porém, cabe ressaltar que a tabela usada para verificação da hipótese nula de presença da raiz unitária para os resíduos é diferente da tabela usada no teste ADF. Os valores críticos e o resultado da estatística, para o teste ADF com 4 defasagens, são reportados na tabela abaixo:

Estatística	-3.64
Valores Críticos 1%	-4.12
Valores Críticos 5%	-3.46
Valores Críticos 10%	-3.13

**Tabela 3:** Teste de raiz unitária para os resíduos da regressão em (10).

Pelos resultados podemos rejeitar a hipótese nula de presença de raiz unitária, ou seja, aceitamos a estacionariedade da mesma a 5% de significância. O próximo passo é rodar a regressão inversa e fazer o mesmo teste sobre os resíduos da mesma. A regressão segue abaixo:

$$v_t = \alpha_1 + \beta_1 f_{t,t+n} + \mu_{1t} \quad (10)$$

onde  $\alpha_1$  e  $\beta_1$  são parâmetros e  $\mu_{1t}$  é um erro que segue as propriedades clássicas. Os resultados são reportados na tabela que se segue:

Estatística	-3.51758
Valores Críticos 1%	-4.12
Valores Críticos 5%	-3.46
Valores Críticos 10%	-3.13

**Tabela 4:** Teste de raiz unitária para os resíduos da regressão em (10).

Novamente pode-se rejeitar a hipótese nula de presença de raiz unitária para os resíduos a 5% de significância, neste caso, foi aceita a estacionariedade dos resíduos como resultado esperado. Dessa forma, como as séries do preço futuro e do à vista tem ordem de integração igual a um (I(1)), como pode ser observado nos testes anteriores, e os resíduos são (I(0)), podemos concluir a cerca da cointegração pelos testes de Engle & Granger.

O passo posterior foi a realização dos testes de cointegração de Johansen, para verificação de robustez dos testes feitos anteriormente, ou seja, para se poder constatar se a cointegração entre os preços futuros e à vista também cointegram pela metodologia utilizada por Johansen (1991).

Como já foram feitos os testes para verificação da estacionariedade das séries de preços, o próximo passo para análise foi a especificação do VAR. Partiu-se de um modelo geral com 4 defasagens. Os resultados estão reportados na tabela 4 abaixo.

Defasagens	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	0.004144	0.189718	0.272464	0.220047
1	73.03087*	0.000771*	-1.492393*	-1.244154*	-1.401403*
2	6.856305	0.000777	-1.487222	-1.073491	-1.335573
3	2.66106	0.000874	-1.372776	-0.793553	-1.160468
4	2.314825	0.000993	-1.252446	-0.50773	-0.979478

\*indica a defasagem selecionada pelo critério.

LR: estatística de teste LR modificada sequencial (cada teste a 5% de significância)

FPE: Erro de Predição Final

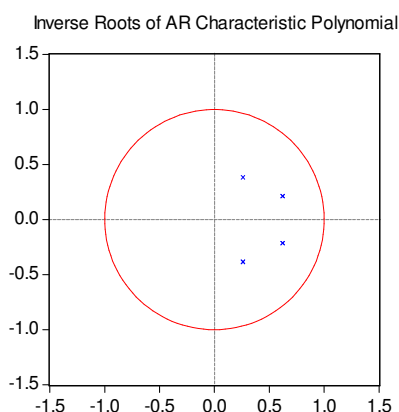
AIC: Critério de Informação Akaike

SC: Critério de Informação de Schwarz

HQ: Critério de Informação de Hannan-Quinn

**Tabela 5:** Critérios de Informação para seleção de modelo VAR

Na tabela acima, todos os critério de informação indicaram que a primeira defasagem é a mais adequada para captar a dinâmica do processo gerador de dados entre o preço futuro e à vista. Dando continuidade aos testes, avaliou-se por meio das raízes características do polinômio auto-regressivo, com uma defasagem, se a especificação é estável, para isso todas devem estar dentro do círculo unitário.



**Gráfico 2:** Raízes inversas do polinômio característico auto-regressivo.

O gráfico 2 nos mostra que as raízes inversas do polinômio de defasagens estão dentro do círculo unitário, mostrando estabilidade da especificação e permitindo a continuação da análise.

O passo seguinte foi avaliar o comportamento dos resíduos do VAR, quanto à autocorrelação, a normalidade e a heterocedasticidade, a fim de constatar-se o quão próximo de ruído branco eles estão.

Defasagens	LM-Estat.	p-valor
1	2.249107	0.69
2	4.664953	0.3234
3	1.3238	0.8573
4	3.966288	0.4106
5	4.540578	0.3378
6	2.516812	0.6416

Hipótese nula: não há correlação serial até a defasagem h

**Tabela 6:** Testes de Multiplicador de Lagrange para autocorrelação serial

A tabela acima mostra que não há autocorrelação serial nos resíduos conjuntos do VAR especificado, pois as hipóteses nulas são não rejeitadas a um nível de significância de 5%.

Os testes de normalidade conjuntos para o VAR em questão indicaram uma estatística de Jarque-Bera de 3.1290 e respectivo p-valor de 53.65%, permitindo a não-rejeição da hipótese nula de normalidade multivariada. Já o teste para heterocedasticidade também permitiu a não rejeição da hipótese nula (homocedasticidade), e o teste conjunto, por sua vez, apresentou uma estatística de 17.23 com respectivo p-valor de 83.88%.

Hipótese sobre Número de Vetores de Cointegração	Autovalor	Estatística do Traço	Valor Crítico (5%)	p-valor
Nenhum*	0.297333	15.88717	12.3209	0.0121
No máximo 1	0.000176	0.0079	4.129906	0.942

\*rejeição da hipótese no nível de 5%

**Tabela 7:** Teste do traço para cointegração entre Futuro e à Vista.

Hipótese sobre Número de Vetores de Cointegração	Autovalor	Estatística do Traço	Valor Crítico (5%)	p-valor
Nenhum*	0.297333	15.87927	11.2248	0.0071
No máximo 1	0.000176	0.0079	4.129906	0.942

\*rejeição da hipótese no nível de 5%

**Tabela 8:** Teste do máximo autovalor para cointegração entre Futuro e à Vista.

O teste do traço, apresentado na tabela 7, rejeita a hipótese de nenhum vetor de cointegração, com nível de significância de 5%, assim devemos ter um vetor de cointegração entre os preços analisados. Já o teste do máximo autovalor, também rejeitou a hipótese de nenhum vetor de cointegração a 5%, evidenciando a presença de um vetor de cointegração. O próximo passo é restringir o VAR a um modelo de correção de erro, em que a relação de longo prazo e a dinâmica de curto prazo são estimadas em conjunto.

Equação de Cointegração	Estimativas
FUTURO (-1)	1.0000
A VISTA (-1)	-0.954769 (-0.01557) [-61.3282]

Desvios-padrão entre ( ) e t-estatísticas entre [ ]

**Tabela 9:** Vetor de Cointegração (FUTURO, A VISTA)

Neste ponto, o teste final para confrontar as hipóteses em questão, como já apontado anteriormente, consiste em avaliar se o vetor de cointegração é estatisticamente igual a  $[1, -1]$ . Para tanto, avalia-se o teste de proporção de Lagrange sob a hipótese nula, reportado na tabela abaixo.

Equação de Cointegração	Estimativas
FUTURO	1.0000
A VISTA	-1.0000
Estat. Test LR	3.921716
p-valor	0.047666

**Tabela 10:** Teste de Restrição  $[1,-1]$  sobre o vetor de cointegração.

O p-valor de 4.7%, menor que 5%, permite rejeitar a hipótese em teste. Ou seja, não é possível afirmar que os parâmetros do vetor de cointegração assumem os valores da hipótese nula, o que implicaria em ineficiência relativa dos mercados. Entretanto, pela proximidade do p-valor, a rejeição da hipótese nula não é conclusiva. Neste caso, a aceitação da eficiência do mercado pode ser considerada como válida, pois o conjunto dos testes indicam tal resultado.



## CONCLUSÕES

Este trabalho investigou a hipótese de eficiência de mercado de açúcar, por meio dos testes de cointegração de Engle & Granger. O teste de cointegração de Johansen foi utilizado como teste de robustez frente aos resultados encontrados no primeiro teste. Para tanto, o trabalho analisa as séries dos preços futuros negociados na *New York Board of Trade* (NYBOT) e os preços à vista colhidos pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ).

Seguindo Kellard *et al.* (1999) *apud* Silva e Takeuchi (2008), os logaritmos dos preços futuros correspondentes foram selecionados 28 dias antes, a partir da maturidade de cada contrato, mantendo-se a regularidade que as séries temporais requerem, ou seja, o logaritmo do preço à vista é tomado no último dia de negociação de um contrato e o logaritmo do preço futuro correspondente é tomado retrocedendo 28 dias. Foram utilizados também os testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para verificação da presença de raiz unitária em ambos os testes de cointegração.

Primeiramente procedeu-se o teste de cointegração de Engle & Granger, com resultados positivos para a presença de raiz unitária nas séries de preços, como já citado anteriormente no texto. O próximo passo foi verificar a estacionariedade dos resíduos gerados pela regressão do preço futuro contra o preço à vista e vice-versa. Rejeitou-se a hipótese nula de raiz unitária nos resíduos das regressões e pudemos concluir que as séries são cointegradas, existindo uma relação de longo prazo entre as mesmas.

Em seguida, utilizou-se o método de cointegração de Johansen como teste de robustez para os resultados apresentados nos testes de cointegração de Engle & Granger. Nesse caso, queríamos verificar se as séries cointegram com coeficientes  $[1,-1]$  no vetor de cointegração, tal

resultado apontaria para eficiência de mercado, ou seja, correta assimilação das informações nos preços futuro e à vista. Os resultados para esse método apontaram para existência do vetor de cointegração, com coeficientes do preço futuro e à vista iguais a 1 e -0,96, respectivamente.

Como esses coeficientes não são os esperados para se concluir a respeito da hipótese de eficiência de mercado, procedeu-se com o teste para avaliar se o vetor de cointegração encontrado é estatisticamente igual a [1,-1]. O resultado encontrado foi um teste LR de 3.92 e um p-valor de 4.8%. Esse resultado, teoricamente, rejeita a hipótese nula que afirma que os parâmetros do vetor de cointegração assumem os valores [1,-1]. Entretanto, o p-valor ficou muito próximo de 5%, valor que aceita a hipótese nula, e nos permite concluir que o mercado futuro de açúcar reflete as informações de maneira correta, ou seja, o mercado de açúcar pode ser considerado eficiente. Talvez uma amostra com mais observações nos evidenciaria mais claramente que tal hipótese é aceita para o mercado de açúcar.

Por fim, sugere-se que novos trabalhos a respeito da hipótese de eficiência de mercado sejam elaborados no futuro. Mostrou-se ao longo deste trabalho, que esta hipótese não é conclusiva quanto a um único resultado, portanto, estudos com novas metodologias econométricas ou mesmo período amostral distinto podem elucidar a questão de outra forma para o mercado de açúcar no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPER, C.E.; ARDIC, O.P; FENDOGLU, S. The Economics of The Uncovered Interest Parity Condition for Emerging Markets: A survey. Bogazici University, Working Paper. 2007.

ALVES, L.R.A. Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo. Piracicaba, 2002. 98p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

AMADO, C.F.P.; CARMONA, C.U.M.; LIMA, R.C.; FREIRE, C.M.M. Eficiência dos mercados futuros agrícolas: resultados dos teste do modelo de correção de erro para o caso do açúcar e café. CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, Ribeirão Preto, 2005. 20p.

BACCHI, M.R.P. Previsão de preços de bovino, suíno e frango com modelos de séries temporais. Piracicaba, 1994. 172p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BACCHI, M.R.P; ALVES, L.R.A; SILVEIRA, A.M. Exportações brasileiras de açúcar: um modelo de auto-regressão vetorial (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40., Passo Fundo, 2002. **Anais**. Brasília: SOBER, 2002.

BARROS, A.M.; AGUIAR, D.R.D. Comportamento da Base de Café Arábica nas Principais Regiões Produtoras do Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Ribeirão Preto. **Anais**. Brasília: SOBER, 2005.

BARROS, G.S. DE A.; MORAES, M.A.F.D. **A Desregulamentação do Setor Sucroalcooleiro**. Revista de Economia Política, 2002.

BRENNER, R. J.; KRONER, K.F. **Arbitrage, Cointegration, and Testing the Unbiasedness Hypothesis in Financial Markets**. The Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 30, N. 1, P. 23-42. 1995.

BRITO, L. **Situação do setor sucroalcooleiro em 2003**. DIEESE, 2003. Disponível em <http://www.dieese.org.br/esp/sucroalcooleiros03.pdf>. Acesso em: 05 de abril de 2007.

CARVALHO, G.R. **O setor sucroalcooleiro em perspectiva**. EMBRAPA: Conjuntura Agropecuária: Sucroalcooleiro, 2006.

CHEUNG, Y. W. **Exchange rate risk premiums**. Journal of International Money and Finance. P. 182-194. 1993.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, v.74, n.366, p.427-431, June 1979.

ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> ed, 2004.

ENGEL, C. **The forward discount anomaly and the risk premium: A survey of recent evidence**. *Journal of Empirical Finance*, 1996. P 123-192.

ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, v.55, n.2, p.251-276, Mar. 1987.

FAMA, E.F. **Forward and spot exchange rates**. *Journal of Monetary Economics*. P. 319-338. 1984.

FERREIRA, A.L.; PRADO, F.P.A.; SILVEIRA, J.J. The alcohol price and the flex cars. Universidade de São Paulo, Working Paper, 2007. 31p.

FILENI, D.H. **O Risco da Base, a efetividade do hedging e um modelo para a estimativa da base: Uma contribuição ao agronegócio de café em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 137 p. 1999.

FONTES, R.E.; LIMA, R.B.; CASTRO, L.G.J. **Hedge Effectiveness and Optimal Ratio of Corn Culture in Various Locations of Brazil**. Seminário Pensa. Out 2003.

GARCIA, M.; OLIVARES, G. **O prêmio de Risco da Taxa de Câmbio no Brasil durante o Plano Real**. *Revista Brasileira de Economia*, 2001. P. 151-182.

HULL, J.C. *Options, futures and other derivatives*. 3<sup>rd</sup> ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1997. P.1-78.

JOHANSEN, S. **Statistical analysis of cointegration vectors**. *Journal of Economics Dynamics and Control*, v.12, n.2/3, p.231-254, 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration: with application to the demand for money. *Orford Bulletin of Economics and Statistics*, v.52, n.2, p.169-210, 1990.

KELLARD, N.; NEWBOLD, P.; RAYNER, T.; ENNEW, C. The relative efficiency of commodity futures markets. *The Journal of Futures Markets*, Vol, 19, n<sup>o</sup> 4, pp. 413-432, 1999.

KELLARD, N. Evaluating Commodity Market Efficiency: Are Cointegration Tests Appropriate? *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 53, n<sup>o</sup> 3, pp. 513-529, 2002.

MIGUEL, P. P. Paridade de Juros, Fluxos de Capitais e Eficiência do Mercado de Câmbio no Brasil: Evidência dos Anos 90. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Plano Agrícola e Pecuário 2004/2005**. Disponível em {[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PAP\\_2004\\_2005/PAP\\_2004\\_05\\_WEB.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PAP_2004_2005/PAP_2004_05_WEB.PDF)}

PONTES JÚNIOR, O.C. Investigação da eficiência nos mercados de futuros de açúcar da BM&F. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2004.

PORTAL TRIBUTÁRIO. Os incentivos fiscais aos exportadores. Disponível em {<http://www.portaltributario.com.br/artigos/incentivosexportadores.htm>}. Acessado em: 24 de dezembro de 2008.

SILVA, R.; TAKEUCHI, R. Mercados futuro e à vista de açúcar: Uma análise empírica de eficiência versus arbitragem. VIII ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, Rio de Janeiro, 2008. 33p.

SILVA NETO, L.A. *Derivativos: Definições, Emprego e Risco*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.p. 232-247.

SILVEIRA, A.M. A relação entre os preços de açúcar nos mercados doméstico e internacional. Piracicaba, 2004. 72p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TONIN, J. M.; ALVES, A. F. **Análise de Base para o Milho na Região de Maringá**. Revista Cesumar. v. 12. P. 59-84. Jan/jun 2007.

WILMOTT. P.; HOWISON, S.; DEWYNNE, J. *The Mathematics of Financial Derivatives*. P. 3-15, 1997.

WOLFF, C.C.P. **Foward foreign exchange rates, expected spot rates, and premia: a signal-extraction approach**. The Journal of Finance. P. 395-406.1987.