



Georges Eduardo Gerbauld Catalão

## **A Relação de “Lead-lag” entre o Índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista**

### **Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas do Departamento de Administração da PUC-Rio.

Orientador: Marcelo Cabús Klotzle

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Georges Eduardo Gerbauld Catalão

A Relação de Lead-lag entre o Índice Dow  
Jones Industrial Average futuro e à vista

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre pelo  
Programa de Pós-graduação em Administração  
de Empresas do Departamento de  
Administração da PUC-Rio.

**Prof. Marcelo Cabús Klotzle**  
**Orientador**  
IAG – PUC-Rio

**Prof. Walter Lee Ness**  
IAG – PUC-Rio

**Prof. Katia Rocha**  
IPEA RJ

**Prof. Nizar Messari**  
Coordenador Setorial do Centro  
Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 3 de fevereiro de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Georges Eduardo Gerbauld Catalão**

Graduou-se em Ciências Econômicas no IBMEC-RJ (Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais do Rio de Janeiro) em 2004. Trabalhou no BackOffice do Banco BBM de 2003 a 2005. Trabalhou na IBM Brazil na área de Incentivos e Comissões de 2005 a 2008. Trabalha na Triscorp Investimentos na área de Fundo de Fundos e Client Advisory desde 2008.

#### Ficha Catalográfica

Catalão, Georges Eduardo Gerbauld

A relação de “Lead-lag” entre o índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista / Georges Eduardo Gerbauld Catalão ; orientador: Marcelo Cabús Klotzle – 2009.

51 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Administração)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Efeito “Lead-lag”. 3. Ineficiência de mercado. 4. Índice Dow Jones Industrial Average. 5. Mercado futuro. 6. Mercado à vista. 7. Teste de Dickey-Fuller aumentado. 8. Regressão por mínimos quadrados ordinários. 9. Regressão por mínimos quadrados em dois estágios. 10. Modelo vetorial de correção de erro. I. Klotzle, Marcelo Cabús. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Para minha mulher, Carolina, pelo  
apoio e incentivo.

## Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Marcelo Cabús Klotzle pelo estímulo e parceria para a realização deste trabalho.

A PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

A minha mulher que por tantas vezes me apoio e estimulou no decorrer do mestrado.

A minha família que sempre me incentivo e esteve presente até mesmo na minha defesa de dissertação.

A minha mãe e meu pai que tornaram possível que chegasse onde estou.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

## Resumo

Catalão, Georges Eduardo Gerbauld; Klotzle, Marcelo Cabús. **A Relação de “Lead-lag” entre o Índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista.** Rio de Janeiro, 2009. 51p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Como o advento da internet os mercados estão cada vez mais integrados e arbitrados. A possibilidade de se comprar e vender ativos instantaneamente através da internet contribuiu para a eficiência de mercado, ou seja, ficou mais fácil difundir informações novas e para se reagir em cima dessas informações. A teoria de mercados eficientes estabelece que os preços dos ativos devam responder instantaneamente a novas informações, logo, não havendo espaço para arbitragem. Todavia, muitas vezes isso não é verificado no mundo real. Ao contrário do que a teoria de mercados eficientes estabelece, existem fatores que tornam os mercados assimétricos e ineficientes. Um exemplo de fonte geradora de ineficiência é o custo de transação que muitas vezes impossibilita a prática de arbitragem. Outra questão fundamental geradora de assimetria entre mercados à vista e mercados futuros é a possibilidade de se operar muito mais alavancado no mercado futuro do que no à vista, pois só é necessário disponibilizar uma fração do montante utilizado na operação. Esses fatores unidos ocasionam um efeito de mercado conhecido no meio acadêmico como efeito “lead-lag”. Isto é, existe um ativo que antecipa (lead) o movimento do outro ativo (lag), em outras palavras, podemos dizer que um ativo reage primeiro a novas informações que o outro.

## Palavras-chave

Efeito “Lead-lag”; ineficiência de mercado; assimetria de informação; índice Dow Jones Industrial Average; mercado futuro; mercado à vista; teste de Dickey-Fuller Aumentado; regressão por Mínimos Quadrados Ordinários.

## Abstract

Catalão, Georges Eduardo Gerbault; Klotzle, Marcelo Cabús. **The Lead-lag relationship between the spot and future Dow Jones Industrial Average Index**. Rio de Janeiro, 2009. 51p. MSc Dissertation – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

With the internet birth, markets are more connected and accurately priced each day. The possibility to buy and sell assets online contributed to markets efficiency, hence now it's easier to spread and price new information. The efficient market theory says that assets prices must react instantly to new information, thus there should be no space for arbitrage. Nevertheless this is frequently not true in the real world. In contrast with what the efficient market theory establishes, there are several factors that contribute to market inefficiency and asymmetry. A source of market inefficiency, for instance, is the transactional cost, which many times turn arbitrages practice impossible. Another example that contributes to market asymmetry is the possibility to leverage much more in the future markets than in the spot markets, since just a small fraction of the traded amount is required. These issues putted together create an effect known in the academy as the Lead-lag effect. More precisely, there is an asset that anticipates (lead) the movement of another asset (lag), in other words, we can say that one asset reacts faster to new information than the other one.

## Keywords

Lead-lag Effect; market inefficiency; information asymmetry; Dow Jones Industrial Average Index; future market; spot market; Augmented Dickey-Fuller test; Ordinary Least Square regression.

# Sumário

1. Introdução	12
1.1. Formulação do Problema	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Justificativa e Relevância	13
1.4. Delimitação do Estudo	14
2. Referencial Teórico	15
3. Dados	21
3.1. História	21
3.2. Especificações Contratuais	22
3.3. Especificações Amostrais	22
4. Modelagem	24
4.1. Estacionaridade	24
4.2. Teste de Dickey-Fuller	25
4.3. Teste de Duas Etapas de Engle-Granger	26
4.4. Teste de Causalidade de Granger	27
4.5. Metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios	28
4.6. Teste de Co-integração de Johansen e Juselius	28
4.7. Modelo Vetorial de Correção de Erro	29
4.8. Teste de Heterocedasticidade de White	30
4.9. Modelo GARCH	30
5. Resultados	32
5.1. Séries Log-preço	32
5.2. Séries Log-retorno	33
5.3. Co-integração por Engle-Granger	33

5.4. Testando a Teoria Inversa	35
5.5. Teste de Causalidade de Granger	37
5.6. Refazendo a Regressão por TSLS	38
5.7. Co-integração por Johansen	39
5.8. Análise Intertemporal (VECM)	41
5.9. Teste de Auto-correlação	44
5.10. Modelo GARCH	45
6. Conclusão	48
7. Referências Bibliográficas	50

## Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de séries não estacionárias. Dow Jones Industrial Average à vista e futuro

25

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Teste de Dickey-Fuller para série log-preço futuro	32
Tabela 2 - Teste de Dickey-Fuller para série log-preço à vista	32
Tabela 3 - Teste de Dickey-Fuller para série log-retorno futuro	33
Tabela 4 - Teste de Dickey-Fuller para série log-retorno à vista	33
Tabela 5 - Regressão por OLS com log-preço à vista sendo a variável dependente	34
Tabela 6 - Teste de Dickey-Fuller para a regressão com log-preço à vista sendo a variável dependente	35
Tabela 7 - Regressão por OLS com log-preço futuro sendo a variável dependente	36
Tabela 8 - Teste de Dickey-Fuller para a regressão com log-preço futuro sendo a variável dependente	36
Tabela 9 - Teste de Causalidade de Granger	37
Tabela 10 - Regressão por Mínimos Quadrados em Dois Estágios	38
Tabela 11 - Teste de Dickey-Fuller para o resíduo da regressão por TSLS	39
Tabela 12 - Teste de Co-integração de Johansen	40
Tabela 13 - Teste Vetorial de Correção de Erro	42
Tabela 14 - Teste de Heterocedasticidade de White para a regressão por OLS	44
Tabela 15 - Teste de Heterocedasticidade de White para a regressão por TSLS	45
Tabela 16 - Teste GARCH	46

# 1. Introdução

## 1.1. Formulação do Problema

Como o advento da internet os mercados estão cada vez mais integrados e arbitrados. A possibilidade de se comprar e vender ativos instantaneamente através da internet contribuiu para a eficiência de mercado, ou seja, ficou mais fácil difundir informações novas e para se reagir em cima dessas informações.

A teoria de mercados eficientes estabelece que todos os agentes econômicos têm o mesmo conjunto de informações disponível ao mesmo tempo, ou seja, as informações e expectativas se refletem corretamente e instantaneamente nos preços dos ativos, logo, não havendo espaço para arbitragem. Todavia, muitas vezes isso não é verificado no mundo real.

Ao contrário do que a teoria de mercados eficientes estabelece, existem fatores que tornam os mercados assimétricos e ineficientes. Um exemplo de fonte geradora de ineficiência é o custo de transação que muitas vezes impossibilita a prática de arbitragem.

Outra questão fundamental geradora de assimetria entre mercados à vista e mercados futuros é a possibilidade de se operar muitas vezes alavancado no mercado futuro, pois só é necessário disponibilizar uma fração do montante utilizado na operação. Já no mercado à vista deve-se liquidar o total do montante negociado.

Outro fator que influencia na insurgência de assimetria é a possibilidade de se negociar um contrato para um índice no mercado futuro e a inexistência de um contrato para esse mesmo índice no mercado à vista. Isto ocorre pelo fato do índice à vista ser, na verdade, uma cesta ponderada de ações. Assim sendo, o movimento do índice à vista é um reflexo do movimento das ações que compõem aquele índice, ponderadas pelos seus respectivos pesos.

Esses fatores unidos ocasionam um efeito de mercado conhecido no meio acadêmico como efeito “lead-lag”. Isto é, existe um ativo que antecipa (lead) o

movimento do outro ativo (lag), em outras palavras, podemos dizer que um ativo reage primeiro a novas informações que o outro.

## **1.2. Objetivos**

Este estudo tem como objetivo primordial estabelecer uma evidência empírica de que o índice Dow Jones Industrial Average futuro antecipa os movimentos do índice Dow Jones Industrial Average à vista.

A seguir, são apresentados os objetivos intermediários que acarretarão no objetivo principal:

- Determinar as defasagens temporais (lags) entre os movimentos do índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista.
- Estabelecer se o índice futuro influencia o índice à vista e vice-versa.
- Verificar a existência de uma relação de co-integração entre os índices futuro e à vista.
- Estabelecimento de relevâncias econométricas entre os dois índices.

## **1.3. Justificativa e Relevância**

O estudo de antecipação de movimentos entre índices é importante no sentido de poder fornecer uma possibilidade de correção de falhas e imperfeições de mercado, na medida em que se estabelecem possibilidades de se aplicar procedimentos de arbitragem e auferimentos de lucros. Este tipo de conhecimento é importante para auxiliar os investidores a tomarem ações que otimizem seus investimentos.

Este estudo também pode ser justificado na medida em que pode auxiliar órgãos reguladores a perceber onde ocorrem as falhas de mercado e, assim, reestruturar os regulamentos para melhor combater imperfeições de mercado.

#### 1.4. Delimitação do Estudo

O estudo aqui apresentado procurou evidenciar um efeito “lead-lag” entre o índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista, dentro da hipótese de que os mercados não são eficientes.

Os dados foram obtidos por meio do sistema eletrônico do terminal Bloomberg e envolvem valores intradiários de alta frequência do índice Dow Jones Industrial Average, com frequência de dez minutos, no período compreendido entre janeiro de 2008 e outubro de 2008.

A razão dos dados utilizados neste trabalho abrangerem somente os três primeiros trimestres de 2008 é devido ao fato do sistema Bloomberg armazenar dados de alta frequência para somente seis meses passados, assim sendo, não pude coletar dados anteriores a janeiro de 2008.

Foram consideradas as cotações apenas nos momentos em que ambos os índices estivessem operando simultaneamente.

No índice Dow Jones Industrial Average futuro foi utilizado sempre o contrato mais líquido, no caso, sempre o de vencimento mais próximo. Sendo que a troca para o próximo contrato ocorria por volta de uma semana antes do vencimento do mais próximo, dado que havia perda de liquidez próximo ao vencimento.

## 2. Referencial Teórico

Se os mercados fossem eficientes e não houvesse imperfeições, isto é, se os mercados fossem eficientes na hora de difundir informações novas e fossem livres de impedimentos, índices à vista e seus correspondentes no mercado futuro caminhariam juntos e responderiam simultaneamente a choques exógenos. Os retornos de um índice à vista e seu correspondente futuro deveriam ser perfeitamente positivamente correlacionados na ausência de imperfeições de mercados e não deveria haver correlação intertemporal, isto é, o índice futuro não deveria antecipar os movimentos do índice à vista e nem o contrário deveria ser verificado. Caso uma antecipação dessa fosse evidenciada em algum mercado, arbitradores deveriam tomar proveito dessa anomalia, lucrando em operações sem risco e levando assim o mercado de volta ao seu equilíbrio.

A teoria por trás da hipótese de mercados eficientes mencionada acima é o modelo de custo de carregamento, que é dado por:

$$F_t = S_t e^{(r-d)(T-t)} \quad (1)$$

Onde  $F_t$  é o preço futuro do ativo,  $S_t$  é o preço à vista do ativo,  $r$  é a taxa de juros contínua livre de risco,  $d$  é o retorno contínuo dos dividendos derivado do ativo à vista até o vencimento do ativo futuro,  $T$  é a data de vencimento do ativo futuro e  $t$  é a data a qual a análise está sendo feita. Se transformarmos a equação (1) numa equação logarítmica, ou seja, na equação log-retorno, teremos:

$$f_t = s_t + (r - d)(T - t) \quad (2)$$

Onde  $f_t = \ln(F_t/F_{t-1})$  e  $s_t = \ln(S_t/S_{t-1})$ . A partir de agora, as letras maiúsculas serão usadas para representar as séries preços e as letras minúsculas serão usadas para representar as séries log-retornos. A equação (2) claramente implica na

ausência de uma relação de “lead-lag” entre os mercados futuro e à vista de qualquer ativo por ela representado.

Apesar de todo o arcabouço teórico demonstrar a ausência de antecipação de um mercado sobre o outro em mercados eficientes, há diversos estudos que encontraram o mercado futuro de um respectivo ativo antecipando os movimentos de seu mercado à vista.

O trabalho de Herbst, McCormack e West (1987) propõe fazer uma evidência empírica sobre o efeito de “lead-lag” entre o índice Value Line à vista e seu correspondente futuro. A amostra utilizada foi de 144 observações de preços de fechamento do índice Value Line futuro e 144 observações de preços de fechamento do índice à vista, correspondendo ao período de 24 de fevereiro de 1982 a 18 de setembro de 1982.

Os autores utilizaram a metodologia da análise espectral e encontraram evidência do índice futuro antecipando o índice à vista. Para validar a evidência anterior, os autores propõem um novo teste com amostras diárias variando no intervalo de 10 segundos para o período de uma semana que vai de 3 de maio a 7 de maio de 1982, gerando um total de 2200 observações. Todavia, os autores optaram por fazer esse novo teste com o índice S&P 500 e não mais com o Value Line, por motivos relacionados a um maior volume de operações e maior interesse do primeiro índice em relação ao segundo.

Os resultados encontrados nesse novo teste foram similares aos anteriores, isto é, os autores encontraram evidências do índice S&P 500 futuro antecipando o índice à vista, com uma pequena diferença, a antecipação do índice futuro ao índice à vista é mais curta no S&P 500 do que no Value Line.

O trabalho de Cheung e Fung (1997) propõe analisar o fluxo de informação entre os mercados futuro e à vista de Eurodólar usando como base o “spillover” entre preços e volatilidades de cada mercado. A amostra utilizada neste trabalho corresponde ao preço de fechamento do Eurodólar de 3 meses à vista e do Eurodólar futuro, abrangendo o período de janeiro de 1983 até julho de 1997, o que totaliza um número de 2634 observações.

Os autores iniciam a análise apresentando alguns resultados da estatística descritiva e examinando a existência de uma raiz unitária com o teste de Dickey-Fuller e o teste KPSS. Para testar a existência de dependência de curto prazo e heterocedasticidade condicional, os autores usam um modelo de AR-GARCH, o

que confirmam suas suspeitas. Segue-se utilizando a metodologia de Johansen (1991) para testar a existência de co-integração entre os mercados futuro e à vista do Eurodólar, sendo o resultado desse teste positivo. E para analisar a relação entre os dois mercados, os autores aplicam o teste de Causalidade Granger Padrão. Os autores calculam os coeficientes de correlação cruzada dos resíduos padrões para testar se há evidência de causalidade na média e na variância.

Os autores concluem que os movimentos nos mercados à vista tendem a induzir flutuações no mercado futuro, no entanto, o movimento contrário é mais forte.

O trabalho de Jong e Donders (1998) investiga a relação de “lead-lag” entre os mercados futuro, à vista e de opções para o índice AEX – Amsterdam European Options Exchange Index (Índice de Opções Europeias de Amsterdã). A amostra utilizada nesse trabalho corresponde a dois períodos, de 20 de janeiro a 17 de julho de 1992 e de 4 de janeiro a 18 de junho de 1993, com intervalos de 5 e 10 minutos entre cada observação.

Pelo fato da amostra ser de alta frequência, há observações faltando no meio dos períodos utilizados na amostra que foram devido a intervalos sem negociação dos ativos. Para resolver esse problema sem enviesar a amostra, os autores optaram por utilizar um estimador desenvolvido por Jong e Nijman (1997) que trata esse problema.

Os resultados mostram claramente que o mercado futuro é mais eficiente para processar informações novas do que o mercado à vista e de opções. O mercado futuro do índice AEX antecipa os movimentos dos outros dois mercados, no entanto, o contrário é quase insignificante. Já a relação entre o mercado à vista e o mercado de opções do índice AEX é amplamente simétrica, o que indica que nenhum dos dois mercados antecipa o outro.

O trabalho de Brooks, Rew e Ritson (2001) demonstra o efeito “lead-lag” entre o mercado futuro e à vista do índice FTSE 100 da Inglaterra. Foram utilizadas 13.035 observações do índice FTSE 100, nos mercados futuro e à vista, com um intervalo de 10 minutos entre cada observação, no período que corresponde de Junho de 1996 a Junho de 1997.

Para tratar os dados os autores utilizaram da metodologia de co-integração e correção de erro, com base no modelo da teoria custo de carregamento. Em

seguida utilizaram o modelo ARMA e o modelo VAR e finalizaram com o modelo de previsão acurada.

Os autores concluem que existe de fato um efeito “lead-lag” entre os mercados futuro e à vista no índice FTSE 100, com o futuro antecipando o movimento do índice à vista.

Antoniou, Pescetto e Violaris (2003) propuseram um estudo inovador ao analisar o efeito “lead-lag” intra e entre países. Eles selecionaram as três maiores economias européias (Reino Unido, França e Alemanha) para analisar a relação entre os mercados futuro e à vista num contexto internacional.

A amostra utilizada nesse estudo consiste de dados de fechamentos diários dos três índices futuros e à vista desses três países (FTSE 100, CAC-40 e DAX) que abrange o período de dezembro de 1990 a dezembro de 1998.

Utilizando da metodologia VAR-EGARCH multivariada, os autores examinam a interdependência entre os mercados futuro e à vista dos três índices citados acima e a interação de volatilidade.

Os autores concluem que há evidências de que a relação entre os mercados futuro e à vista domésticos é influenciada pelo comportamento dos mercados estrangeiros. Mais especificamente, os resultados sugerem que há influência tanto na média quanto na variância dentro e entre países.

O estudo também apresenta evidência de uma grande interação entre mercados futuros internacionais, mas não para os mercados à vista. Os resultados indicam a existência de várias relações de “lead-lag” multidirecionais significantes e dependências de volatilidade entre os mercados analisados, tanto domesticamente como entre os países. Particularmente, parece haver efeitos de “spillover” bi-direcional entre preços dos mercados franceses e britânicos. De modo geral, os resultados desse estudo confirmam as descobertas de literaturas anteriores de que mercados futuros antecipam mercados à vista.

Diversos autores encontraram evidências de mercados futuros antecipando os movimentos de seus respectivos mercados à vista para diversos ativos. E, para que haja evidência da relação de “lead-lag” entre mercados futuro e à vista de diversos ativos, devemos presumir que não haja operadores de mercado arbitrando nesses respectivos mercados, uma vez que isso faria com que os mercados voltassem ao equilíbrio?

Um motivo que podemos sugerir para o índice futuro de um ativo responder mais rápido a um choque exógeno do que seu correspondente à vista é o fato de haver um contrato futuro negociado em bolsa, mas não haver um contrato à vista negociável. Isto é, o índice à vista na verdade é uma média ponderada de diversos ativos à vista que compõem aquele índice, ou seja, o índice à vista é uma cesta de diversos ativos. Assim sendo, para que o índice à vista responda integralmente a um choque exógeno é necessário que cada ativo à vista que compõe o índice seja reprecificado e isso leva tempo, dado que são diversos ativos e nem todos ativos são negociados a todo tempo, o que faz com que fique mais fácil de evidenciar a relação de “lead-lag” em amostras de alta frequência. Todavia, como há negociação de um ativo que corresponde ao índice futuro e esse ativo pode ser negociado com uma fração do dinheiro necessário para se negociar os ativos que compõem o índice à vista, dado que ativos futuros são instrumentos alavancados, os operadores preferem operar no mercado futuro a no à vista. Devemos lembrar também que os mercados futuros são mais líquidos, são mais fáceis de montar posições vendidas, as margens de garantias são pequenas e as execuções de operações são rápidas.

A preferência de operadores por operar em mercados futuros faria com que os índices futuros respondessem mais rapidamente a choques exógenos do que os índices à vista, levando a desvios da relação de custo de carregamento, que por sua vez implicaria em movimentos de arbitragem nos mercados à vista. Essa cronologia faria com que o índice futuro antecipasse o movimento do índice à vista e assim gerando uma relação de “lead-lag” entre esses mercados. Seria possível, também, encontrar evidência de um índice à vista antecipando o movimento do seu respectivo futuro, dado que o índice à vista é um dos fatores informativos que afetam o índice futuro.

Mudanças nas expectativas dos agentes econômicos afetarão tanto o índice futuro, como o índice à vista na mesma direção, desde que a diferença entre os preços futuro e à vista fique dentro da zona de operações arbitráveis. Isto é, se o custo transacional, também chamado de custo operacional da operação de arbitragem for superior ao lucro auferido por essa operação, a operação simplesmente não será feita e, conseqüentemente, um dos índices não sofrerá o mesmo movimento que o outro. No entanto, se o movimento do preço de um dos índices fizer com que a diferença entre o preço do mercado futuro e o preço do

mercado à vista seja superior aos custos transacionais, operadores de mercado entrarão arbitrando até que a diferença entre os preços de ambos os mercados volte para a zona de não arbitragem.

### 3. Dados

#### 3.1. História

O Índice Dow Jones Industrial Average foi criado por Charles H. Dow em 26 de maio de 1896 que era editor do jornal Wall Street e começou a ser divulgado por esse jornal desde então. Sua criação foi um grande avanço para o sistema financeiro na época, na medida em que possibilitou a comparação de ações individuais com um benchmark confiável, ou melhor, tornado possível vislumbrar as tendências do mercado financeiro, algo que é muito difícil visualizando somente ações individuais.

Seguindo-se a criação e introdução do Índice Dow Jones Industrial Average com doze ações que era uma média aritmética de uma cesta de doze ações (como foi concebido inicialmente), sendo que somente a ação da General Eletrics permanece até hoje, em 1916 o índice expandiu para vinte ações e expandiu novamente em 1928 para trinta ações, onde permanece até hoje. Também em 1928, os editores do jornal Wall Street começaram a calcular a média do índice com um divisor especial, em vez de usar o número de ações que compõem o índice, para evitar distorções quando alguma ação que compõe o índice fizesse um split ou quando uma ação fosse substituída por outra.

As trinta ações que compõem o índice Dow Jones Industrial Average hoje em dia são de empresas dominantes em seus respectivos nichos e suas ações são de grande aceitação pelos agentes econômicos. O índice Dow Jones Industrial Average abrange aproximadamente 23,8% do mercado total americano.

A utilização de ações de grande importância e alta liquidez pelo índice Dow Jones Industrial Average provê um fator de alta relevância para o mercado industrial americano que é a sua continuidade. Isto é, a qualquer momento durante as negociações do dia-a-dia, o índice Dow Jones Industrial Average é baseado em transações muito recentes, o que não é sempre verdade com índices que em suas

composições utilizam ações de menor liquidez e, conseqüentemente, ficam sem transações por intervalos de tempo consideráveis.

### **3.2. Especificações Contratuais**

O contrato futuro do índice Dow Jones Industrial Average é cotado na mesma unidade que o índice à vista e para calcular seu valor, basta multiplicar o índice futuro por dez, ou seja, ao operar um dado montante de contratos do índice futuro do Dow Jones Industrial Average, você estará dez vezes alavancado. Os vencimentos dos contratos futuros ocorrem em quatro meses específicos que são março, junho, setembro e dezembro. Os contratos em negociação no mercado são os três com vencimento mais próximos, sendo que quanto mais distante o vencimento do contrato, menor sua liquidez. Assim sendo, cada contrato é negociado por um período de nove meses. Não há entrega de ativo no contrato futuro, diferentemente de como ocorre no mercado à vista, isto é, o contrato futuro é liquidado pela diferença financeira. Todos os contratos são marcados a mercado no dia de vencimento que corresponde a terceira sexta-feira do mês de vencimento e as posições são encerradas.

### **3.3. Especificações Amostrais**

A amostra empregada nesse trabalho corresponde a 7.949 observações do índice Dow Jones Industrial Average, com intervalos de dez minutos entre cada observação, de todos os dias úteis do período de 14 de janeiro de 2008 a 24 de outubro de 2008 e o mesmo número de observações do índice futuro do Dow Jones Industrial Average para o mesmo período. O contrato futuro utilizado nas análises desse trabalho é sempre o de vencimento mais próximo, dado que possui maior liquidez e rolamos para o contrato de seguinte vencimento faltando uma semana para o de vencimento do contrato mais próximo. O primeiro motivo para trocarmos de contrato a uma semana do vencimento do contrato mais próximo é devido ao fato que os contratos futuro perdem liquidez quando chegam muito

próximos de seus vencimentos e um alto grau de liquidez é essencial nos testes de séries temporais. O segundo motivo seria que na medida em que o contrato futuro vai se aproximando de seu vencimento, ele vai convergindo para o valor do índice a vista, uma vez que em seu vencimento ambos os contratos têm o mesmo valor. Optando por trocar de contrato futuro uma semana antes do vencimento do contrato mais próximo, esse efeito de convergência é removido, sendo que esse efeito de convergência poderia comprometer a tentativa de evidenciar a relação de “lead-lag” entre os mercados futuro e à vista do índice Dow Jones Industrial Average.

## 4. Modelagem

Em um modelo estatístico adequado para se evidenciar a existência de uma relação “lead-lag” entre as variáveis à vista e futura de um índice é necessário primeiramente verificar se as variáveis logaritmo neperiano dos preços à vista e futuro possuem raízes unitárias, conseqüentemente, as séries seriam não estacionárias. Em seguida, verificar se as variáveis logaritmo neperiano dos retornos à vista e futuro não possuem raízes unitárias, conseqüentemente, as séries seriam estacionárias. As variáveis logaritmo neperiano dos retornos à vista e futuro são dadas, respectivamente, por:

$$s_t = \ln(S_t / S_{t-1}) \quad (3)$$

$$f_t = \ln(F_t / F_{t-1}) \quad (4)$$

### 4.1. Estacionaridade

Uma série é dita estacionária quando não há comportamento de tendência definido e ela freqüentemente cruza sua média (zero). Uma série com essas características também é conhecida como ruído branco. Já uma série não estacionária exhibe movimentos que a faz se distanciar de sua média, que ela cruza raramente ou nunca, dependendo do tipo de não estacionaridade (Brooks 2002). Uma série dita não estacionária é caracterizada pelo não decaimento dos erros passados, isto é, os valores dos ruídos de períodos anteriores vão ter um efeito não descendente nos valores correntes da variável dependente.

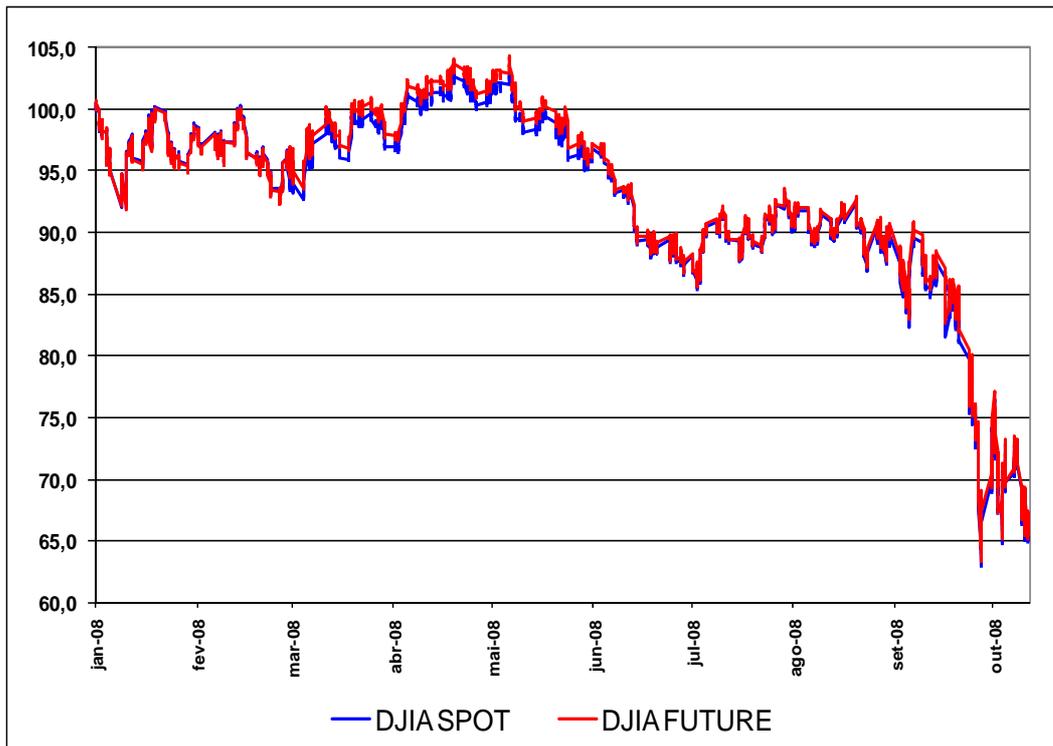


Figura 1 – Exemplo de séries não estacionárias. Dow Jones Industrial Average à vista e futuro.

Fonte: Bloomberg

## 4.2. Teste de Dickey-Fuller

Para se verificar as estacionaridades das séries log-preço e log-retorno dos índices à vista e futuro, basta rodar um teste de Dickey-Fuller Aumentado, também conhecido como Augmented Dickey-Fuller Test ou ADF test, que tem como hipótese nula a existência de raiz unitária ( $H_0: \varphi = 1$ ), assim, se o p-valor resultante do teste de Dickey-Fuller Aumentado for menor que 5%, rejeita-se a hipótese nula de existência de raiz unitária com um grau de confiança de 95% e com isso conclui-se que as séries em questão são de fato estacionárias (Brooks 2002). A equação da teoria de Dickey-Fuller pode ser expressa por:

$$y_t = \varphi y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

$$H_0 : \varphi = 1$$

### 4.3. Teste de Duas Etapas de Engle-Granger

A teoria por trás da relação de “lead-lag” exige que haja um equilíbrio de longo prazo e para isso não basta que a formulação contenha somente diferenciais de primeira ordem, é necessário que haja uma relação intertemporal entre as variáveis à vista e futura. A solução, então, é verificar se existe uma relação de co-integração entre as séries de log-preço dos índices futuro e à vista (Brooks, Rew e Ritson 2001) e para isso, utilizamos a metodologia de Duas Etapas de Engle-Granger. Esta consiste em rodar uma regressão simples utilizando o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários que se pode expressar por:

$$\ln S_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln F_t \quad (6)$$

E em seguida rodar o teste de Dickey-Fuller Aumentado para o resíduo dessa regressão, caso a série do resíduo se verifique estacionária, fica comprovado a relação de co-integração entre as séries de log-preço dos índices futuro e à vista.

Comprovada a relação de co-integração entre as séries futuro e à vista do índice, o Teorema de Representação Granger anuncia que há um Modelo de Correção de Erro correspondente. O Modelo de Correção de Erro para o log-preço à vista e futuro pode ser expresso por:

$$\Delta \ln S_t = \beta_0 + \delta \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^r \beta_i \Delta \ln S_{t-i} + \sum_{j=1}^s \alpha_j \Delta \ln F_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

Onde  $\hat{z} = \ln S_t - \gamma_0 - \gamma_1 \ln F_t$  são os resíduos da regressão de primeira etapa dos log-preços (o termo de correção de equilíbrio).

#### 4.4. Teste de Causalidade de Granger

Todavia, existe a possibilidade que as séries de log-preço dos índices futuro e à vista possuam uma relação de causalidade bi-direcional, ou seja, uma série implica na outra e vice-versa. Para testarmos essa possibilidade, optamos por rodar o Teste de Causalidade de Granger que consiste em usar um teste-F para verificar se dados passados de uma variável Y possuem alguma informação estatisticamente significativa sobre outra variável X na presença de dados passados de X. Se possuir, dizemos que Y causa X.

Existem várias maneiras de se implementar o Teste de Causalidade de Granger. Um método simples seria usar a especificação autoregressiva de uma autoregressão vetorial bivariada (SAS Institute Inc 2009). Assuma um período passado  $p$  e estime a equação sem restrição que se segue pela metodologia de Mínimos Quadrados Ordinários:

$$x_t = c_1 + \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i y_{t-i} + u_t \quad (8)$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

Conduza um teste-F da hipótese nula estimando a equação restritiva a seguir também pela metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários:

$$x_t = c_t + \sum_{i=1}^p \gamma_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Compare suas respectivas somas dos resíduos quadrados e se a estatística do teste for maior que um valor crítico específico, então rejeitamos a hipótese nula de Y não causar X.

#### 4.5. Metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios

Caso haja comprovação de uma relação de causalidade bi-direcional das séries testadas, teremos que refazer o teste de Duas Etapas de Engle-Granger e rodar uma regressão utilizando a metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios, pois a regressão com a metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários fica comprometida devido ao problema de simultaneidade.

A metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios é um método de regressão para cobrir modelos que violem as hipóteses de recursividade da regressão pela metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários, especificamente modelos onde o termo de distúrbio da variável dependente é correlacionado com as causas das variáveis independentes (Oliveira 2008).

A metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios é definida por (1) um estágio onde variáveis dependentes ou endógenas novas são criadas para substituir as variáveis originais, e (2) um estágio onde a regressão é operacionalizada pela metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários, no entanto, usando as variáveis dependentes novas. O propósito do primeiro estágio é criar variáveis dependentes novas que não violem as hipóteses de recursividade da regressão pela metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários.

#### 4.6. Teste de Co-integração de Johansen e Juselius

Outro modelo para se evidenciar a relação de co-integração entre as séries futuro e à vista do índice, como o objetivo detectar se há relacionamento de longo prazo entre as variáveis, seria o Teste de Co-integração de Johansen e Juselius (Johansen e Juselius 1990). Sendo a hipótese nula de que existem pelo menos  $r$  vetores de co-integração representada matematicamente por:

$$H_0: \lambda_i = 0 \quad i = r + 1, \dots, n \quad (10)$$

Ou seja, somente os primeiros  $r$  autovalores ( $\lambda$ ) são diferentes de zero. Essa restrição pode ser imposta para diferentes valores de  $r$ . O próximo passo consiste

na comparação do valor do logaritmo da função de verossimilhança do modelo com restrição relativamente ao logaritmo da função de verossimilhança do modelo sem restrição. Esse teste é denominado de estatística traço e é representado em termos algébricos como:

$$\lambda_{\text{traço}} = -2\log(Q) \quad (11)$$

Onde  $Q$  = (função de verossimilhança restrita maximizada dividida pela função de verossimilhança sem restrição maximizada).

Apesar do Teste de Co-integração de Johansen apresentar também a estatística Máximo Autovalor, focaremos apenas na primeira estatística nesse trabalho.

#### 4.7. Modelo Vetorial de Correção de Erro

Um Modelo Vetorial de Correção de Erro ou Vector Error Correction Model (VECM) pode vir a ser necessário caso o teste de Co-integração de Johansen evidencie a presença de um vetor de co-integração. Esse modelo pode ser representado por:

$$\nabla z_t = \Gamma_1 \nabla z_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \nabla z_{t-k+1} + \Pi z_{t-k} + \Phi D_t + u_t \quad (12)$$

Onde,  $\Gamma_i = -(I - A_1 - \dots - A_i)$ , ( $i = 1, \dots, k - 1$ ), e  $\Pi = -(I - A_1 - \dots - A_k)$ .

O Modelo Vetorial de Correção de Erro especifica as dinâmicas de curto prazo para cada variável no sistema em um arcabouço teórico em que direciona as dinâmicas para a relação de equilíbrio de longo prazo sugerida pela teoria econômica. A existência de um equilíbrio de longo prazo não previne a existência de desvios no curto prazo. Phillips (Phillips 1998) mostrou que projeções baseadas em um Modelo Vetorial de Correção de Erro que explicitamente estimam a relação de co-integração e raízes unitárias são consistentes e assintoticamente ótimas. Empiricamente, a literatura de projeções (forecasting) tende a respaldar a superioridade dos Modelos Vetoriais de Correção de Erro para

projeções de um horizonte de longo prazo, embora essa vantagem não seja tão clara para o curto prazo.

#### 4.8. Teste de Heterocedasticidade de White

Um teste e suma importância que deve ser implementado neste trabalho é o Teste de Heterocedasticidade de White para verificar a existência de autocorrelação dos resíduos das regressões. Segundo Brooks (Brooks 2002), o teste de White é obtido através de uma regressão auxiliar, onde a variável dependente é composta pelo vetor dos resíduos, e as independentes são as variáveis explicativas, seus valores elevados ao quadrado e os produtos cruzados destas mesmas variáveis. Por fim, a estatística é calculada multiplicando o  $R^2$  da regressão auxiliar pelo tamanho da amostra. Esta estatística segue assintoticamente distribuição Qui-quadrada, com grau de liberdade igual ao número de regressores (excluindo o termo constante) da regressão auxiliar. O Teste de Heterocedasticidade de White tem como hipótese nula a homocedasticidade dos resíduos.

#### 4.9. Modelo GARCH

Caso venhamos a verificar a existência de resíduos heterocedásticos, teremos de rodar um teste do modelo GARCH (Generalised Autoregressive Conditionally Heteroscedastic Model) que trata de variáveis não-lineares. Com o modelo GARCH é possível interpretar a variância corrente como uma função ponderada de um valor médio de longo prazo, informação de volatilidade de períodos passados e a variância do modelo durante períodos passados (Brooks 2002). Podemos representar esse modelo por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (13)$$

Onde  $\sigma_t^2$  é a variância condicional. Usando o modelo GARCH é possível interpretar a variância corrente como uma função ponderada de um valor médio de longo prazo (dependente de  $\alpha_0$ ), informação sobre a volatilidade de períodos passados ( $\alpha_i u_{t-i}^2$ ) e a variância do modelo durante períodos passados ( $\beta_j \sigma_{t-j}^2$ ).

## 5. Resultados

### 5.1. Séries Log-preço

Para verificar se as séries logaritmo neperiano dos preços (log-preço) à vista e futuro e as séries logaritmo neperiano dos retornos (log-retorno) à vista e futuro do índice Dow Jones Industrial Average possuem raízes unitárias, rodamos um teste de Dickey-Fuller Aumentado. Os resultados das séries log-preço do índice futuro e à vista encontram-se a seguir:

**Tabela 1 - Teste de Dickey-Fuller para série log-preço futuro**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>0,9454</b>	<b>99,61%</b>

**Tabela 2 - Teste de Dickey-Fuller para série log-preço à vista**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>0,8244</b>	<b>99,45%</b>

Como podemos verificar, o p-valor do teste de Dickey-Fuller Aumentado para a série log-preço do índice futuro foi de 99,61%, o que indubitavelmente não rejeita a hipótese nula de raiz unitária, sendo assim, podemos afirmar que a série log-preço do índice futuro é não estacionária. O mesmo podemos afirmar da série log-preço do índice à vista, dado que apresentou um p-valor de 99,45% no teste de Dickey-Fuller Aumentado.

## 5.2. Séries Log-retorno

A seguir apresentamos os resultados dos testes de Dickey-Fuller Aumentado para as séries log-retorno dos índices futuro e à vista:

**Tabela 3 - Teste de Dickey-Fuller para série log-retorno futuro**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>44,7960</b>	<b>1,73%</b>

**Tabela 4 - Teste de Dickey-Fuller para série log-retorno à vista**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>44,1200</b>	<b>0,19%</b>

Como podemos verificar, o p-valor do teste de Dickey-Fuller Aumentado para a série log-retorno do índice futuro foi de 1,73%, o que implica na rejeição da hipótese nula de raiz unitária com um grau de confiança de 95%, sendo assim, podemos afirmar que a série log-retorno do índice futuro é estacionária. O mesmo podemos verificar para a série log-retorno do índice à vista, dado que apresentou um p-valor de 0,19% no teste de Dickey-Fuller Aumentado.

## 5.3. Co-integração por Engle-Granger

Em seguida, verificamos a existência de uma relação de co-integração entre as séries de log-preço dos índices futuro e à vista utilizando a metodologia de Duas Etapas de Engle-Granger. Assim sendo, rodamos uma regressão simples

utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados Ordinários com o log-preço do índice à vista sendo a variável dependente e o log-preço do índice futuro sendo a variável independente. Os resultados encontram-se a seguir:

**Tabela 5 - Regressão por OLS com log-preço à vista sendo a variável dependente**

Dependent Variable: LNSPOTPRECO  
 Method: Least Squares  
 Date: 10/30/08 Time: 19:55  
 Sample: 1 7949  
 Included observations: 7949

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.0249	0.0023	-0.0160	0.9873
LNFUTPRECO	0.9992	0.0005	1958.2053	0
R-squared	0.9979	Mean dependent var		4.5260
Adjusted R-squared	0.9979	S.D. dependent var		0.0930
S.E. of regression	0.0042	Akaike info criterion		-8.0931
Sum squared resid	0.1422	Schwarz criterion		-8.0913
Log likelihood	32167.959	F-statistic		3834567.8
Durbin-Watson stat	0.0476	Prob(F-statistic)		0

Podemos verificar que o coeficiente angular log-preço do índice futuro tende a um (coeficiente=0,999) o que seria esperado numa relação de “lead-lag” onde o índice futuro antecipa os movimentos do índice à vista. Outro fator relevante que podemos evidenciar no resultado acima é o  $R^2$  e o  $R^2$  Ajustado com valores significativamente altos (ambos com 99,79%), o que demonstra que o índice futuro tem um grande grau de explicação sobre os movimentos do índice à vista.

Uma vez rodada a regressão, testamos seu resíduo para garantir que seja uma  $I(0)$ , ou seja, não possua raiz unitária. O resultado do teste de Dickey-Fuller Aumentado para o resíduo da regressão encontra-se a seguir:

**Tabela 6 - Teste de Dickey-Fuller para a regressão com log-preço à vista sendo a variável dependente**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>-2,0928</b>	<b>3,49%</b>

Podemos verificar que o resíduo da regressão se trata de uma variável estacionária com um grau de confiança de 95%, dado que encontramos um p-valor de 3,49%, logo, podemos afirmar que há uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice futuro e à vista.

#### **5.4. Testando a Teoria Inversa**

Uma vez evidenciado que o índice futuro antecipa os movimentos do índice à vista, resolvemos testar a relação inversa, ou seja, verificar se existe algum grau de antecipação dos movimentos do índice futuro pelo índice à vista. Para tanto, fizemos a regressão simples utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados Ordinários com o log-preço do índice futuro sendo a variável dependente e o log-preço do índice à vista sendo a variável independente. Os resultados encontram-se a seguir:

**Tabela 7 - Regressão por OLS com log-preço futuro sendo a variável dependente**

Dependent Variable: LNFUTPRECO  
 Method: Least Squares  
 Date: 12/05/08 Time: 19:07  
 Sample: 1 7949  
 Included observations: 7949

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.0094	0.0023	4.0735	0.0315
LNSPOTPRECO	0.9987	0.0005	1958.2053	0
R-squared	0.9979	Mean dependent var		4.5298
Adjusted R-squared	0.9979	S.D. dependent var		0.0930
S.E. of regression	0.0042	Akaike info criterion		-8.0935
Sum squared resid	0.1421	Schwarz criterion		-8.0918
Log likelihood	32169.685	F-statistic		3834567.8435
Durbin-Watson stat	0.0476	Prob(F-statistic)		0

Podemos verificar que o coeficiente angular log-preço do índice à vista tende a um (coeficiente=0,998) e obtivemos um  $R^2$  e um  $R^2$  Ajustado com valores significativamente altos (ambos com 99,79%), o que implica que o índice à vista tem um alto grau de explicação sobre os movimentos do índice futuro.

A seguir testamos o resíduo dessa regressão para verificar se é uma série estacionária e, assim, concluirmos a existência de uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice à vista e futuro. Os resultados do teste de Dickey-Fuller Aumentado encontram-se a seguir:

**Tabela 8 - Teste de Dickey-Fuller para a regressão com log-preço futuro sendo a variável dependente**

	Estatística t	P-valor
<b>Teste ADF</b>	<b>-1,9902</b>	<b>4,46%</b>

Podemos concluir observando os resultados que o resíduo da regressão é uma série estacionária com um grau de confiança de 95%, dado que encontramos um p-valor de 4,46%, o que implica na existência de uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice à vista e futuro.

### 5.5. Teste de Causalidade de Granger

O resultado exposto acima não era um resultado que esperávamos encontrar, no entanto, os resultados evidenciados são inegáveis. Assim sendo, optamos por rodar o Teste de Causalidade de Granger para verificar se de fato existe uma relação de causalidade bi-direcional entre o índice à vista e o índice futuro. Os resultados encontram-se a seguir:

**Tabela 9 - Teste de Causalidade de Granger**

Hipótese Nula	Estatística F	P-valor
<b>Log-retorno à vista não causa log-retono futuro</b>	<b>15,4864</b>	<b>0,00%</b>
<b>Log-retorno futuro não causa log-retono à vista</b>	<b>5,0957</b>	<b>0,00%</b>

Podemos concluir que a hipótese nula em ambos os casos foram rejeitadas com um grau de confiança de 99%, dado os p-valores tendendo a zero, ou seja, ficou evidenciado que tanto o índice futuro implica no índice à vista como o à vista implica no futuro. Uma possível explicação para esse resultado de causalidade bi-direcional seria que na verdade um terceiro fator exógeno a ambas as séries estariam causando os movimentos delas e pelo fato de ambas as séries se moverem simultaneamente respondendo a esse estímulo externo, ao analisarmos somente as duas séries e omitirmos o fator exógeno, encontramos um alto grau de causalidade bi-direcional.

## 5.6. Refazendo a Regressão por TSLS

Como os resultados apresentados anteriormente demonstraram haver uma relação de causalidade bi-direcional entre as séries log-preço do índice à vista e futuro, os resultados gerados pela regressão utilizando o Modelo dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) ficam comprometidos, pois há um problema de simultaneidade entre as variáveis da regressão. Assim sendo, optamos por refazer a análise de estacionaridade dos resíduos da regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (TSLS) que leva em consideração a simultaneidade das variáveis. O resultado da regressão encontra-se a seguir:

**Tabela 10 - Regressão por Mínimos Quadrados em Dois Estágios**

Dependent Variable: LNSPOTPRECO

Method: Two-Stage Least Squares

Date: 12/17/08 Time: 19:16

Sample: 1 7949

Included observations: 7949

Instrument list: LNSPOTPRECO LNFUTPRECO

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.0249	0.0023	-0.0160	0.9873
LNFUTPRECO	0.9992	0.0005	1958.2053	0
R-squared	0.9979	Mean dependent var		4.5260
Adjusted R-squared	0.9979	S.D. dependent var		0.0930
S.E. of regression	0.0042	Sum squared resid		0.1422
Durbin-Watson stat	0.0476	Second-stage SSR		0.1422

Assim como na regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados Ordinários, a regressão com o Modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios apresentou o coeficiente angular log-preço do índice futuro tendendo a um (coeficiente = 0,999), o que é um resultado que deveríamos esperar caso haja uma relação de “lead-lag” entre as duas variáveis analisadas na regressão. E assim

como anteriormente, o  $R^2$  e o  $R^2$  Ajustado da nova regressão apresentada acima tem valores significativamente altos (ambos com 99,79%), o que implica que o índice futuro tem um grande grau de explicação sobre os movimentos do índice à vista.

Uma vez rodada a regressão, testamos seu resíduo para garantir que seja uma  $I(0)$ , ou seja, não possua raiz unitária. O resultado do teste de Dickey-Fuller Aumentado para o resíduo da regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios encontra-se a seguir:

**Tabela 11 - Teste de Dickey-Fuller para o resíduo da regressão por TSLs**

	<b>Estatística t</b>	<b>P-valor</b>
<b>Teste ADF</b>	<b>-2,0928</b>	<b>3,49%</b>

Podemos verificar que o resíduo da regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios se trata de uma variável estacionária com um grau de confiança de 95%, dado que encontramos um p-valor de 3,49%, logo, podemos afirmar que há uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice futuro e à vista.

### **5.7. Co-integração por Johansen**

Outra metodologia de análise da relação de co-integração é o modelo de Johansen que utilizamos para verificar se existe uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice à vista e futuro. Os resultados do Teste de Johansen encontram-se a seguir:

### Tabela 12 - Teste de Co-integração de Johansen

Sample (adjusted): 6 7949  
 Included observations: 7944 after adjustments  
 Trend assumption: No deterministic trend  
 Series: LNFUTPRECO LNSPOTPRECO  
 Lags interval (in first differences): 1 to 4

#### Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.1 Critical Value	Prob.**
None *	0.0011	11.5476	10.4746	0.0671
At most 1	0.0003	2.4349	2.9762	0.1401

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.1 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.1 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

#### Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.1 Critical Value	Prob.**
None	0.0011	9.1127	9.4748	0.1150
At most 1	0.0003	2.4349	2.9762	0.1401

Max-eigenvalue test indicates no cointegration at the 0.1 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.1 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Podemos verificar pelos resultados acima que para um grau de confiança de 90%, confirma-se uma relação de co-integração entre as séries log-preço do índice à vista e futuro através do teste Trace com um p-valor de 6,71%. O teste Maximum Eigenvalue não confirma a existência de uma relação de co-integração entre as séries, todavia, isso ocorre com um valor muito próximo da confirmação, isto é, o p-valor encontrado no teste de Maximum Eigenvalue foi de 11,49%, o que por pouco também não confirma uma relação de co-integração com um grau de confiança de 90%.

## 5.8. Análise Intertemporal (VECM)

Uma vez que verificamos a relação de co-integração entre as séries do índice à vista e futuro, tanto pelo Método de Duas Etapas de Engle-Granger, como pelo Teste de Co-integração de Johansen, utilizamos o Modelo Vetorial de Correção de Erro para analisar a relação intertemporal entre as séries do índice à vista e futuro e assim, podermos verificar como cada série é influenciada pelo seu próprio resultado passado e pelo resultado passado da outra série. Rodamos o Modelo Vetorial de Correção de Erro para seis períodos passados, ou seja, até uma hora de defasagem e os resultados encontram-se a seguir:

### Tabela 13 - Teste Vetorial de Correção de Erro

Vector Error Correction Estimates

Date: 12/17/08 Time: 19:02

Sample (adjusted): 8 7949

Included observations: 7942 after adjustments

Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1	
LNSPOTPRECO(-1)	1	
LNFUTPRECO(-1)	-0.9994 0.0004 [-2668.05]	
Error Correction:	D(LNSPOTPRECO)	D(LNFUTPRECO)
CointEq1	0.0075 0.0081 [ 0.93418]	0.0119 0.0082 [ 1.46065]
D(LNSPOTPRECO(-1))	-0.0515 0.0478 [-1.0789]	0.6989 0.0483 [ 14.4621]
D(LNSPOTPRECO(-2))	-0.0600 0.0587 [-1.0232]	0.5167 0.0594 [ 8.7017]
D(LNSPOTPRECO(-3))	0.0391 0.0632 [ 0.6183]	0.4440 0.0640 [ 6.9402]
D(LNSPOTPRECO(-4))	-0.0481 0.0633 [-0.7595]	0.2319 0.0641 [ 3.6187]
D(LNSPOTPRECO(-5))	-0.1456 0.0587 [-2.4796]	0.0445 0.0594 [ 0.7493]
D(LNSPOTPRECO(-6))	-0.1621 0.0478 [-3.3885]	-0.0409 0.0484 [-0.8450]

### Continuação da Tabela 13 - Teste Vetorial de Correção de Erro

D(LNFUTPRECO(-1))	-0.0076 0.0472 [-0.1616]	-0.7498 0.0478 [-15.6853]
D(LNFUTPRECO(-2))	0.0489 0.0581 [ 0.8424]	-0.5212 0.0588 [-8.8675]
D(LNFUTPRECO(-3))	-0.0787 0.0625 [-1.2595]	-0.4768 0.0633 [-7.5372]
D(LNFUTPRECO(-4))	0.1117 0.0625 [ 1.7875]	-0.1723 0.0632 [-2.7261]
D(LNFUTPRECO(-5))	0.1641 0.0579 [ 2.8354]	-0.0204 0.0585 [-0.3484]
D(LNFUTPRECO(-6))	0.1694 0.0467 [ 3.6283]	0.0416 0.0472 [ 0.8817]
<hr/>		
R-squared	0.0131	0.0395
Adj. R-squared	0.0116	0.0380
Sum sq. resids	0.0748	0.0766
S.E. equation	0.0031	0.0031
F-statistic	8.7513	27.1403
Log likelihood	34686.8468	34593.4967
Akaike AIC	-8.7318	-8.7083
Schwarz SC	-8.7203	-8.6968
Mean dependent	-0.0355	-0.0358
S.D. dependent	0.0031	0.0032
<hr/>		
Determinant resid covariance (dof adj.)		0.0000
Determinant resid covariance		0.0000
Log likelihood		80743.4001
Akaike information criterion		-20.3262
Schwarz criterion		-20.3016
<hr/>		

Podemos verificar pelo resultado apresentado acima que a série do índice à vista influencia a série do índice futuro com até quatro níveis de defasagem, ou seja, com até quarenta minutos de defasagem, sendo que quanto maior o nível de defasagem, menor o grau da influência. A exceção ocorre com o período presente,

isto é, a série do índice à vista sem defasagem não influencia a série do índice futuro contemporânea.

Já a série do índice futuro influencia a série do índice à vista a partir de quatro níveis de defasagem até seis níveis, ou seja, a influência ocorre a partir de quarenta minutos até uma hora de defasagem que foi até onde fizemos o teste por se tratar de uma análise de alta frequência.

Apesar de o resultado parecer contraditório ao que propomos evidenciar neste trabalho, devemos observar que a estatística do  $R^2$  e o  $R^2$  ajustado da análise acima apresentaram valores muito baixos, o que compromete a acuracidade dos resultados inferidos.

### 5.9. Teste de Auto-correlação

Para verificar se existe auto-correlação dos erros, optamos por rodar um Teste de Heterocedasticidade de White, tanto para os resíduos da regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados Ordinários como para o resíduo da regressão utilizando o Modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios. A seguir apresentamos os resultados do Teste de White para a regressão OLS e TSLS, respectivamente:

**Tabela 14 - Teste de Heterocedasticidade de White para a regressão por OLS**

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	762.2516	Prob. F(2,7946)	0.0000
Obs*R-squared	1279.5810	Prob. Chi-Square(2)	0

**Tabela 15 - Teste de Heterocedasticidade de White para a regressão por TSLS**

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	762.2516	Prob. F(2,7946)	0.0000
Obs*R-squared	1279.5810	Prob. Chi-Square(2)	0

Podemos verificar que o Teste de Heterocedasticidade de White apresentou o mesmo resultado para o resíduo de ambas as regressões. Com um p-valor tendendo a zero, o teste rejeitou a hipótese nula de resíduos homocedásticos com um grau de confiança de 99%. Assim sendo, fica evidenciado que as variâncias dos resíduos das regressões não são constantes.

#### 5.10. Modelo GARCH

Como ficou evidenciado a existência de auto-correlação dos resíduos das regressões, optamos por rodar um modelo GARCH que trata de variáveis não-lineares e assim poderemos analisar a influência de resíduos e variâncias passadas na variância presente. O resultado do modelo GARCH encontra-se a seguir:

**Tabela 16 - Teste GARCH**

Dependent Variable: LNSPOTPRECO  
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution  
 Date: 12/17/08 Time: 20:14  
 Sample (adjusted): 7 7949  
 Included observations: 7943 after adjustments  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 Variance backcast: ON  
 GARCH = C(15) + C(16)\*RESID(-1)^2 + C(17)\*RESID(-2)^2 + C(18)  
 \*RESID(-3)^2 + C(19)\*RESID(-4)^2 + C(20)\*RESID(-5)^2 + C(21)  
 \*RESID(-6)^2 + C(22)\*GARCH(-1) + C(23)\*GARCH(-2) + C(24)  
 \*GARCH(-3) + C(25)\*GARCH(-4) + C(26)\*GARCH(-5) + C(27)  
 \*GARCH(-6)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
LNSPOTPRECO(-1)	0.2849	0.0046	61.9845	0
LNSPOTPRECO(-2)	0.1834	0.0012	148.2127	0
LNSPOTPRECO(-3)	0.1858	0.0126	14.8030	0
LNSPOTPRECO(-4)	0.1417	0.0121	11.7005	0
LNSPOTPRECO(-5)	0.1057	0.0142	7.4397	0
LNSPOTPRECO(-6)	0.0968	0.0114	8.4729	0
C	0.0005	0.0004	1.1787	0.2385
LNFUTPRECO	0.9604	0.0015	642.8113	0
LNFUTPRECO(-1)	-0.2561	0.0056	-45.5167	0
LNFUTPRECO(-2)	-0.1789	0.0033	-54.3903	0
LNFUTPRECO(-3)	-0.1885	0.0121	-15.6278	0
LNFUTPRECO(-4)	-0.1256	0.0119	-10.5469	0
LNFUTPRECO(-5)	-0.1179	0.0138	-8.5457	0
LNFUTPRECO(-6)	-0.0919	0.0115	-8.0053	0

## Variance Equation

C	0.0012	0.0009	5.2446	0.0014
RESID(-1)^2	0.1037	0.0069	14.9694	0
RESID(-2)^2	0.0418	0.0170	2.4557	0.0141
RESID(-3)^2	0.0367	0.0112	3.2893	0.0010
RESID(-4)^2	0.0244	0.0186	1.3065	0.1914
RESID(-5)^2	0.0211	0.0139	1.5211	0.1282
RESID(-6)^2	0.0427	0.0135	3.1551	0.0016
GARCH(-1)	0.2731	0.1599	1.7080	0.0876
GARCH(-2)	0.0285	0.1389	0.2055	0.8372
GARCH(-3)	0.0288	0.1643	0.1751	0.8610
GARCH(-4)	0.0302	0.1413	0.2138	0.8307
GARCH(-5)	0.0332	0.1149	0.2886	0.7729
GARCH(-6)	0.0326	0.0917	0.3560	0.7218

R-squared	0.9999	Mean dependent var	4.5260
Adjusted R-squared	0.9999	S.D. dependent var	0.0930
S.E. of regression	0.0007	Akaike info criterion	-12.0763
Sum squared resid	0.0042	Schwarz criterion	-12.0526
Log likelihood	47988.220	F-statistic	4925211.2

Podemos verificar pelos resultados do modelo GARCH apresentados acima que fica claro a influência dos três primeiros resíduos passados e do sexto resíduo passado na variância do resíduo presente. Os resíduos passados com até três níveis de defasagem e o resíduo com seis níveis de defasagem apresentaram os p-valores abaixo de 5%, ou seja, podemos afirmar com um grau de 95% de confiança que esses resíduos influenciam a variância do resíduo presente.

No entanto, as variâncias dos resíduos passados não apresentam influência sobre a variância do resíduo presente com um grau de 95% de confiança. Já se utilizarmos um grau de confiança de 90% podemos verificar que a variância do resíduo passado com um nível de defasagem influencia a variância do resíduo presente, dado que apresentou um p-valor de 8,76%.

## 6. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi evidenciar empiricamente o efeito “lead-lag” entre o índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista através de diversos instrumentos econométricos.

Ficou percebida uma forte relação entre as duas séries com o teste de co-integração de Johansen e o teste de Engle-Granger entre as séries não estacionárias de primeira ordem.

Os resultados dos testes de co-integração inesperadamente indicaram uma forte relação bi-direcional entre as duas séries, o que posteriormente foi confirmado através do teste de Causalidade de Granger, onde ficou evidenciada uma relação de causalidade bi-direcional entre as séries analisadas.

A evidência de uma relação de causalidade bi-direcional entre as séries dos índices futuro e à vista nos levou a refazer o teste de co-integração de Engle-Granger utilizando a metodologia dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios, uma vez que a metodologia dos Mínimos Quadrados Ordinários ficou comprometida pela simultaneidade entre as séries. No entanto, novamente evidenciamos uma relação de co-integração entre ambas as séries.

A fim de analisar a relação intertemporal entre as séries dos índices futuro e à vista, utilizamos o Modelo Vetorial de Correção de Erro e assim, evidenciamos que de quarenta minutos até sessenta minutos de defasagem da série futura são significativos para a série à vista e que os quarenta primeiros minutos de defasagem da série à vista são significativos para a série futura.

Em seguida, utilizamos o teste de Heterocedasticidade de White para analisar se havia auto-correlação entre os resíduos das regressões e concluímos que de fato as variâncias dos resíduos não são constantes.

Como ficou evidenciado que os resíduos das regressões são auto-correlacionados, utilizamos um Modelo GARCH que trata de variáveis não lineares para analisar se resíduos e variâncias de resíduos defasadas influenciam a variância do resíduo presente. E assim sendo, ficou evidenciado que os três primeiros resíduos defasados e o sexto influenciam a variância do resíduo

presente. Entretanto, não houve evidência de que variâncias de resíduos passados influenciem a variância do resíduo presente.

Com base nos resultados dos testes econométricos aqui apresentados ficou sugerido uma forte evidência de uma relação de “lead-lag” entre as séries do índice Dow Jones Industrial Average futuro e à vista em ambos os sentidos. Isto é, ficou evidenciado que tanto a série futura é estatisticamente significativa para explicar os movimentos da série à vista, como a série à vista também é estatisticamente significativa para explicar os movimentos da série futura.

Grande parte desse efeito “lead-lag” entre as séries do índice futuro e à vista é explicado pela a ineficiência de mercado, ou seja, devido à assimetria de informação, custos de transação e impedimentos operacionais/financeiros. Logo, podemos concluir que novas informações não estão sendo incorporadas nos preços dos ativos instantaneamente, o que é uma das premissas da teoria de mercados eficientes.

Este trabalho apresentado fica sendo uma contribuição para agregar evidências que possam colaborar com futuros estudos acerca do tema do efeito “lead-lag” entre mercados ineficientes. Um tema interessante que não houve espaço para aprofundá-lo aqui neste estudo e que requer maior atenção é a questão do efeito “lead-lag” inverso, ou seja, analisar como o mercado à vista afeta o mercado futuro.

## 7. Referências Bibliográficas

ANTONIOU, ANTONIOS e PESCIOTTO, GIOIA e VIOLARIS, ANTONIS. Modelling International Price Relationship and Interdependencies Between the Stock Index and Stock Index Futures Markets of Three EU Countries: A Multivariate Analysis. **Journal of Business Finance & Accounting**, 2003, 30(5) & (6), June/July, pp. 0306-686x.

BROOKS, CHRIS e REW, ALISTAIR G. e RITSON, STUART. A trading strategy based on the lead-lag relationship between the spot index and future contracts for the FTSE 100. **International Journal of Forecasting** 17, 2001, pp. 31-44.

BROOKS, CHRIS. **Introductory econometrics for finance**. Eighth Edition, Cambridge, 2007.

CHAN, KALOK. A Further Analysis of the Lead-Lag Relationship between the Cash Market and Stock Index Futures Market. **The Review of Financial Studies**, 1992, Volume 5, number 1, pp. 123-152.

CHEUNG, YIN-WONG e FUNG, HUNG-GAY. Information Flows Between Eurodollar Spot and Futures Markets. **Multinational Finance Journal**, 1997, volume 1, number 4, pp. 255-271.

FRINO, ALEX e WEST, ANDREW. The Lead-Lag Relationship Between Stock Indices and Stock Index Futures Contracts: Further Australian Evidence. **ABACUS**, Volume 35, number 3, 1999.

HERBST, ANTHONY F. e MCCORMACK, JOSEPH P. e WEST, ELIZABETH N. Investigation of a Lead-Lag Relationship between Spot

Stock Indices and Their Futures Contracts. **The Journal of Futures Markets**, 1987, volume 7, number 4, pp. 373-381.

JIANG, LI e FUNG, JOSEPH K. W. e CHENG, LOUIS T. W. The Lead-Lag Relation Between Spot and Futures Markets Under Different Short-Selling Regimes. **The Financial Review** 38, 2001, pp. 63-88.

JOHANSEN, SOREN e JOSELIUS, KATARINA. Maximum Likelihood Estimation And Inference On Cointegration – With Applications To The Demand For Money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 52.2, 1990.

JONG, FRANK DE e DONDEERS, MONIQUE W. M. Intraday Lead-Lag Relationship Between the Futures, Options and Stock Market. **European Finance Review** 1, 1998, pp. 337-359.

JONG, FRANK DE e NIJMAN, THEO. High frequency analysis of lead-lag relationships between financial markets. **Journal of Empirical Finance** 4, 1997, pp. 259-277.

NG, Victor K. e PIRRONG, STEPHEN CRAIG. Price dynamics in refined petroleum spot and futures markets. **Jornal of Empirical Finance** 2, 1996, pp. 359-388.

OLIVEIRA, GUSTAVO REZENDE DE. **Testando a Existência de Efeito Lead-Lag Entre os Mercados Acionários Norte-Americano e Brasileiro**. Universidade de Brasília – UNB, 2008.

PHILLIPS, PETER C. B. Impulse response and forecast error variance asymptotics in nonstationary VARs. **Journal of Econometrics**, Volume 83, Issues 1-2, March-April 1998, Pages 21-56.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)