

INTRODUÇÃO

Apesar de as crises de 1973 a 1979 mostrarem ao mundo as conseqüências de uma economia sustentada energeticamente por um combustível vulnerável a fortes volatilidades no preço, o petróleo continua sendo o energético mais consumido no mundo. Recentemente suas cotações vem atingindo patamares mais elevados do que os evidenciados historicamente e assistimos a uma persistente e renitente elevação de preços.

O comportamento dos preços do óleo como energia não-renovável, exerce impacto sobre os preços aos consumidores finais e níveis de inflação, crescimento econômico e nível de atividade, tanto para países importadores desenvolvidos ou em desenvolvimento que necessitam de sua utilização em insumos para funcionamento, produção e desenvolvimento de praticamente todas as atividades econômicas.

Neste sentido, as relações entre as flutuações dos preços do petróleo e a economia mundial, são de grande importância, tornando relevante a tentativa de definir as condições de contorno que ajudem a explicar a formação e oscilação do preço desse produto no mercado internacional e sua influencia na economia mundial.

Como a assimetria de informações influencia de maneira significativa a formação de preços do petróleo no mercado internacional, esta pode ser explicada pelas Teorias de Expectativas dos Agentes e pelos modelos da família ARCH com o intuito de captar a volatilidade inerente em certos pontos do tempo e com a Decomposição da Variância pode se estimar quanto tempo um dado choque nos preços de cada óleo leva para se ajustar a sua trajetória.

Hoje, os preços dos barris do tipo Brent e WTI são os mais avaliados pelos agentes, onde rumores, convulsões políticas, mudanças nas políticas monetária e fiscal do governo vem afetando o grau de volatilidade e a capacidade de previsão dos analistas de período a período desde meados de janeiro de 1999.

1. PROBLEMA

De maneira sintética as principais perguntas que norteiam o estudo são as seguintes:

- Quais os principais fatores determinantes dos preços do petróleo no mercado internacional?;
- Quais as relações entre as boas e más notícias nos preços dos óleos?;
- Quais os efeitos de mudanças nas condições de oferta para a demanda insatisfeita de derivados de petróleo, em termos macroeconômicos?;
- Quais as características do mercado petrolífero?;
- Quais as semelhanças ou diferenças entre o comportamento dos preços dos óleos e as teorias de expectativas racionais dos agentes?;

Em sequência são abordados os principais fatores problemáticos na análise do mercado petrolífero e no final desta seção, serão apresentadas as hipóteses do problema, considerando a abordagem delimitada pelo Projeto de Pesquisa.

1.1 Incoerências nos fundamentos microeconômicos nos preços

Algumas evidências atuais apontam para a dificuldade na análise oferta *versus* demanda para compreender o comportamento dos preços dos óleos. Para SOUZA (2006, p.60), “a formação do preço do petróleo é resultado da relação de forças existentes entre os agentes estruturalmente heterogêneos que pertencem a esta indústria, pois o petróleo não é uma *commoditie* convencional. Desta forma, seu preço não é simplesmente estabelecido de acordo com o equilíbrio entre oferta e demanda.”

Dentro do contexto estatístico, conforme explica SOUZA (2006, p. 65), “quanto a demanda há uma grande demora na publicação de dados. (...) não se conhece a situação corrente do balanço da oferta e da demanda de petróleo. O que realmente move os mercados são as percepções que os *traders* tem de desbalanceamentos locais, bem como a forma como os segmentos comerciais das companhias as

interpretam e como concebem serem interpretadas notícias que podem ter impacto nos preços”.

1.2 Instabilidade geopolítica no Oriente Médio

As iminências de conflitos e tensões sociais, tendem a gerar flutuações nos preços do petróleo. Para SOUZA (2006, p. 92), “Hoje, as tensões políticas na região ainda exercem grande influencia no mercado.”

Souza¹ destaca que, as questões das tensões entre EUA e Irã, a crescente demanda chinesa por derivados de petróleo, as mudanças nas estruturas de demanda e oferta, como por exemplo, a redução na produção por parte dos países árabes ou então os fatores climáticos rigorosos não previstos nos EUA, favorecem movimentos especulativos de curto prazo.

Ressalta ainda SOUZA (2006, p. 93) que: “(...) há uma ‘inelasticidade extrema’ da procura e oferta em relação ao preço do barril no curto prazo. (...) qualquer alteração na demanda (consumidores e importadores) ou na oferta (produtores e exportadores) mesmo que pequena, provoca sempre variações significativas nos preços. Daí a chamada volatilidade do preço do crude [sic]”.

1.3 As hipóteses do problema

As hipóteses consideradas para a abordagem inicial da filtragem GARCH para volatilidade dos preços são as seguintes:

- Possíveis graus de impacto de notícias e informações de maneira direta nos preços do petróleo;
- A tomada de decisão dos agentes em relação a uma determinada informação tem um período de memória, ou seja, de acordo com GLEISER (2002, p.221), “ela leva um tempo para ‘caducar’”. Este tempo de

¹ SOUZA, F. R. **Impacto do preço do petróleo na política energética mundial**. *Dissertação de Mestrado* apresentada na Universidade Federal do Rio de Janeiro, novembro de 2006.

espera é o que causa o viés do passeio ao acaso, fazendo com que o que aconteceu no passado ainda influencie o que vai acontecer no futuro.”;

- Destaca GLEISER (2002, p.231) que: “Os agentes aprendem a reconhecer padrões que coletivamente estão criando e que por sua vez criam novos padrões para os preços (...), para o qual novos modelos de previsão são formados”. Ou seja, os agentes conhecem o modelo econômico e ajustam suas expectativas constantemente;
- O mercado do petróleo é complexo e altamente volátil, onde os preços apresentam as características de comportamento GARCH, ou seja, períodos de alta volatilidade nos preços, são seguidos de períodos de calma.
- Possível dependência as condições iniciais nas séries mesmo após a filtração dos modelos de heterocedasticidade condicional;
- Níveis críticos e pontos de imprevisibilidade em certos momentos;

2. OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos geral e específicos do Projeto de Pesquisa. De forma resumida, apresentará o que se pretende desenvolver no trabalho de monografia, considerando a delimitação do tema.

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é demonstrar como a volatilidade e as expectativas dos agentes influenciadas por certas notícias se refletem nos preços do petróleo, **no período recente**, gerando movimentos especulativos em certos períodos e mudando o comportamento dos mercados.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da investigação sinalizam, principalmente, em ressaltar uma discussão técnica, com base na teoria econômica em medir os níveis de oscilação nos preços do petróleo atribuída pelos agentes ao surgimento de boas e más notícias, mudando suas expectativas.

Os passos a serem percorridos para subsidiar a pesquisa são os seguintes:

1. Analisar estatisticamente os preços do petróleo desde janeiro de 1986;
2. Avaliar o comportamento das notícias e suas influencias nos preços dos óleos;
3. Identificar o comportamento das expectativas dos agentes neste mercado;
4. Medir as volatilidades nos períodos selecionados e verificar a capacidade preditiva dos modelos da família ARCH;

3. JUSTIFICATIVA

Partindo do estudo que interage a história da ciência e a metodologia da ciência, como revela LAKATOS (2000) no qual: “um processo em que surge um cinturão protetor para evitar as distorções entre a teoria e a realidade, especialmente em uma ciência hermética para a maior parte das pessoas como é a Ciência Econômica. Dessa forma, as teorias têm o papel de explicar o paradoxo entre a evolução da Ciência Econômica e a percepção dos agentes econômicos.”

Especificamente, no caso dos preços do petróleo atuais, no tocante à expectativa dos agentes, “A redução da volatilidade dos preços autoriza afirmar que os agentes econômicos acomodaram suas expectativas em torno desse patamar, mas o atual equilíbrio é extremamente frágil. Tal situação persistirá, ou mesmo se agravará com novos aumentos e retorno de maior grau de volatilidade ...” (JUNIOR, LOOTY E FERNANDES, 2006)

Os autores JUNIOR, LOOTY E FERNANDES (2006) e SOUZA (2006, p.92) ressaltam que a instabilidade de preços continua sendo um traço marcante devido aos

fatores exógenos crescentes e possivelmente presentes de maneira aleatória na direção dos preços dos óleos.

O presente trabalho surge da necessidade de mostrar que o novo patamar de preços do petróleo e suas flutuações embutem riscos, tanto macroeconômicos, como o impacto inflacionário e que as medidas necessárias para seu controle reduzem as expectativas dos agentes, afetando os investimentos e o próprio crescimento econômico, quanto uma possível substituição por uma matriz energética de combustível renovável futuramente.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresentará de forma sucinta as teorias utilizadas na análise do tema, bem como os dados utilizados para subsidiar as Teorias. Nesse sentido, no referencial teórico será considerada como teoria de base a discussão sobre os conceitos de eficiência informacional de mercado e de expectativa dos agentes conforme as correntes de pensamento macroeconômico. Neste projeto será somente apresentado como se emprega os modelos da família ARCH para prever as transmissões de informações na dinâmica dos sistemas de composição dos preços do petróleo, onde as expectativas têm um papel fundamental na criação de volatilidades nos mercados financeiros e onde os investidores interpretam as informações de maneiras diferentes, tornando as mesmas instáveis e indeterminadas podendo ainda se mostrarem auto-realizáveis ou pouco duradouras.

4.1 A Curva de Impacto de Notícias de Engle & NG

Neste subitem são abordados como o conceito de volatilidade e como a Curva de Impacto de Notícias podem ajudar a explicar o comportamento dos agentes frente a formação de suas expectativas quanto aos preços futuros do petróleo no mercado internacional.

Para ALEXANDER (2001, p. 498), a definição de volatilidade no âmbito matemático pode ser conceituada como o desvio padrão do valor do retorno expressa em termos percentuais ao ano.

No escopo financeiro a volatilidade é uma variabilidade dos valores dos preços dos bens, onde é o mais comum indicador de incerteza ou risco e é tipicamente expressa pelo desvio padrão de uma variável aleatória.

São vários fatores que desencadeiam a volatilidade e afetam a formação de expectativas futura dos agentes. SCHWERT (1989), estudou as razões das mudanças da volatilidade de período a período. As análises incluíram as relações das volatilidades das ações com a real e nominal volatilidade macroeconômica, o capital de atividades comerciais, alavancagem financeira, risco de *default* e a lucratividade das firmas, usando dados mensais de 1857 a 1986. Encontrou uma volatilidade de 200% a 300% no mercado de ações no pico da Grande Depressão em 1929 a 1939. A série macroeconômica se mostrou mais volátil no mesmo período, porém não conseguiu coincidir com o mercado acionário. Muitas séries de agregados macroeconômicos bem como o valor de retornos financeiros tiveram uma elevada volatilidade no período de recessão.

Recentemente, tem-se observado constantes choques de notícias e informações desviando os preços dos óleos de uma tendência definida, dificultando as previsões de muitos analistas de mercado e investidores.

Um exemplo de notícia em VALOR (2006), aponta para a falta de uma tendência definida nos preços da *commodity* WTI, baseada unicamente em fundamentos microeconômicos:

Os preços do petróleo operam sem tendência definida em Nova York nesta tarde, após a decisão da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) de manter inalterada a cota de produção da *commodity* pelo cartel. Os agentes do segmento ponderam ainda o aumento da previsão do grupo para a demanda global neste ano, que passou de 85,37 milhões de barris diários para 85,5 milhões de barris por dia. Instantes atrás, o contrato de WTI negociado para abril em Nova York apurava aumento de US\$ 0,08, para US\$ 58,24. O vencimento de maio era negociado a US\$ 60,43, com queda de US\$ 0,04.

Nesse contexto, o conceito da Curva de Impacto de Notícias foi desenvolvido por ENGLE & NG (1993) para representar a resposta da volatilidade a choques nos valores dos retornos dos preços. No entanto, é frequentemente observado que movimentos para baixo do mercado, são seguidos de altas volatilidades da mesma magnitude.

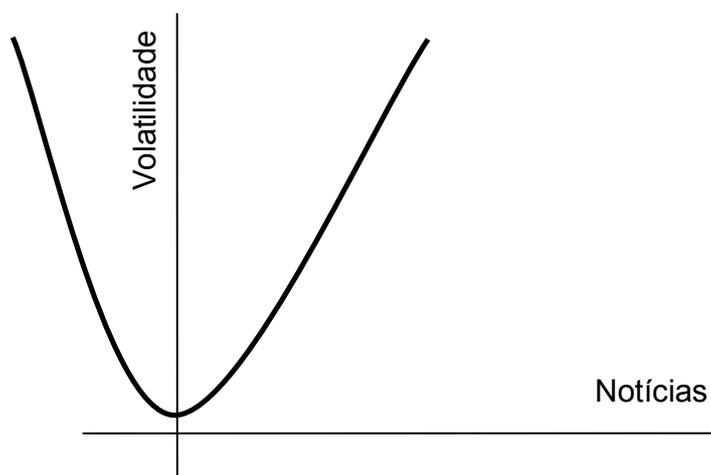
Esta característica se deve a distribuição de probabilidade leptocúrtica de ativos financeiros, possuindo média alta e caudas largas. Segundo GLEISER (2002, p.220),

As caudas largas podem ser atribuídas ao fato de que as informações que movimentam o mercado surgem em blocos, e não de forma contínua. Assim, grandes variações nos preços ocorrem em pequenas quantidades de grandes magnitudes (...). Como a distribuição das informações é leptocúrtica, a distribuição das variações de preços também o é.

Para descrever este fenômeno ENGLE & NG (1993), descrevem a Curva de Impacto a Notícias com resposta assimétrica a boas e más notícias.

A Curva é representada a seguir:

GRÁFICO 1 – Curva de Impacto de Notícias de GRANGER & NG



FONTE: EIEWS 4 USER'S GUIDE (2002, p. 408)

Para SHEPPARD (2006, p.18), ainda que com uma escala larga de modelos de volatilidade, pode ser difícil determinar o efeito preciso de um choque à variância

condicional [volatilidade]. Assim como a função de impulso-resposta resolveu edições similares em modelos VAR, a curva de impacto de notícias resolve este problema em modelos ARCH. A curva do impacto de notícias é quase auto-descritiva. Mede o efeito de um choque na variância condicional do período seguinte. Para normalizar a curva, a variância no período atual é ajustada à variância incondicional.

A estimativa desta curva, objetiva plotar a volatilidade σ^2 de encontro com o impacto de choques, $z = \varepsilon / \sigma$, onde fixam-se o ultimo período de volatilidade, σ_{t-1}^2 , a mediana da série de variância condicional estimada e aproxima o impacto de um período condicionado ao ultimo período de volatilidade. (EIEWS 4 USER`S GUIDE, 20002, p.410).

Os modelos TARARCH e EGARCH, captam tais efeitos assimétricos e serão discutidos no item a seguir.

4.2 A modelagem ARCH, GARCH e EGARCH para análise das volatilidades

Nesta seção serão discutidos como medir as volatilidades dos preços dos óleos pelos modelos adequados.

De acordo com MORETTIN (2006), muitas séries econômicas e financeiras apresentam heterocedasticidade condicional, ou seja a variância condicional varia com o tempo.

Tais séries necessitam de modelos específicos para descrever a evolução da volatilidade no tempo e a classe dos modelos não-lineares ARCH é usada para tal fim.

Assumindo que os erros condicionais são normalmente distribuídos, um modelo auto regressivo de heterocedasticidade condicional generalizado GARCH-M² de ordem 1 (1,1) estimado pelo método de Máxima Verossimilhança, pode ser formalizado pela equação (1) a seguir, nos diferentes cortes temporais escolhidos, da seguinte maneira:

² Vide lista de siglas para consultar o significado das iniciais.

$$\Delta \ln pBrent_t = \phi_0 + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad t = 1, 2, 3, \dots, T$$

Equação (1)

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

Onde:

$\Delta \ln pBrent_t$ é o logaritmo natural da primeira diferença ou o retorno logarítmico dos preços *Spot* do Brent;

ε_t é o termo de erro do modelo GARCH;

α_0 e α_1 são os parâmetros ARCH;

β_1 é o parâmetro GARCH;

σ_t^2 adotada como uma *proxy* da instabilidade do preço.

A primeira equação da média condicional segue sem regressores e a segunda representa a equação da variância.

Nesta modelagem, se a soma dos parâmetros ARCH e GARCH (β_1 e α_0) forem muito próximas de 1, há um indicativo de que os choques de volatilidade serão persistentes, havendo uma convergência da previsão da variância condicional direcionar-se para uma constante lentamente. Este tipo de resultado provem de dados financeiros de alta frequência. (EVIEWES 4 USER`S GUIDE, 2002, p. 404).

MORETTIN (2006), ressalta que na prática é preferível trabalhar com retornos, que são livres de escala, do que com preços, pois os primeiros tem propriedades estatísticas mais interessantes, como estacionariedade e ergodicidade, ou seja, se pudermos estimar características de interesse (média, autocovariância, etc.) a partir de uma única trajetória do processo.

Salientam Goulart et. al (2005, p. 89), que apesar de o modelo GARCH (p, q) captar corretamente diversas características observadas nas séries históricas financeiras, como a leptocurtose³ e agrupamento de volatilidades, não capta o efeito de

³ A hipótese nula assume que os resíduos tenham distribuição normal; simétrica ($A = 0$) e cujo valor de curtose seja igual a três. Essa hipótese será testada pelo teste Jarque-Bera, que é assintótico, ou seja, é válido para grandes amostras. Neste teste Assim, um valor-p alto significa que essa hipótese não foi rejeitada. Um valor-p suficientemente baixo implica a rejeição da mesma, ou seja, indica que os resíduos não têm distribuição normal.

alavancagem⁴, uma vez que a variância condicional é função apenas da magnitude das inovações e não dos seus sinais. Assim surgiram algumas extensões com a finalidade de modelar o problema da assimetria, tais como os modelos EGARCH e TARCH.

ZAKOIAN e GLOSTEN (1994), JAGANATHAN e RUNKLE (1993), introduziram de maneira independente o modelo TACH. Nesse modelo, é acrescentado um termo à equação-padrão GARCH, que objetiva reconhecer os componentes assimétricos à volatilidade condicional. A especificação da variância condicional é dada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_1 \varepsilon_{1,t-1}^2 d_{t-1} + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde $d_{t-1} = 1$ se $\varepsilon_1 < 0$, e 0 se caso contrário;

Segundo Eviews 4 User's Guide (2000, p. 408), neste modelo as boas notícias ($\varepsilon_1 > 0$) e as más notícias ($\varepsilon_1 < 0$), exercem diferentes efeitos na variância condicional:

As boas notícias tem impacto em α_1 , enquanto as más notícias tem impacto em $(\alpha_1 + \gamma_1)$. Se $\gamma_1 > 0$ dizemos que o chamado *leverage effect*⁵ existe, onde as más notícias elevam a volatilidade. Se $\gamma \neq 0$, o impacto de notícias é assimétrico.

O modelo EGARCH, foi proposto por NELSON (1991), onde incorpora os efeitos assimétricos de mercado aos modelos auto-regressivos de volatilidade condicional, e a não imposição artificial de restrições aos parâmetros da equação, dada a sua formulação em termos logarítmicos.

SHEPPARD (2006, p. 13) explica que o modelo EGARCH, modela o logaritmo da variância e inclui ambos os termos simétrico e assimétrico.

Ressaltam Goulart et al. (2005, p.89) que o referido modelo necessita de adaptações para a sua implementação computacional e, por vezes, apresenta um alto grau de persistência após choques significativos de volatilidade.

Conforme Eviews 4 User's Guide (2000, p. 409), a especificação da variância é:

⁴ Os autores se referem ao *leverage effect*

⁵ Segundo SILVA (2002, p.6), "o conhecido *leverage effect*, ocorre quando nas séries financeiras se tornam evidentes o efeito maior das quedas sobre a volatilidade; ou melhor, a volatilidade é muito maior nos períodos de queda do que de alta nos mercados financeiros".

$$\log \sigma_t^2 = \alpha_0 + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \alpha \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad \text{Equação (3)}$$

Sendo que do lado esquerdo da equação são expressos o logaritmo da variância condicional, implicando que o *leverage effect* seja exponencial, superior a equação quadrática, e que garante que a projeção da variância condicional seja não-negativa. A presença do *leverage effect* pode ser testada sob a hipótese de que $\gamma \neq 0$.

Vale ressaltar que nesta modelagem assume-se que os erros se distribuem normalmente.

Finalizando, a mesma modelagem univariada será empregada para os preços do WTI nos modelos ARCH, GARCH, TARARCH e EGARCH conforme descritos anteriormente.

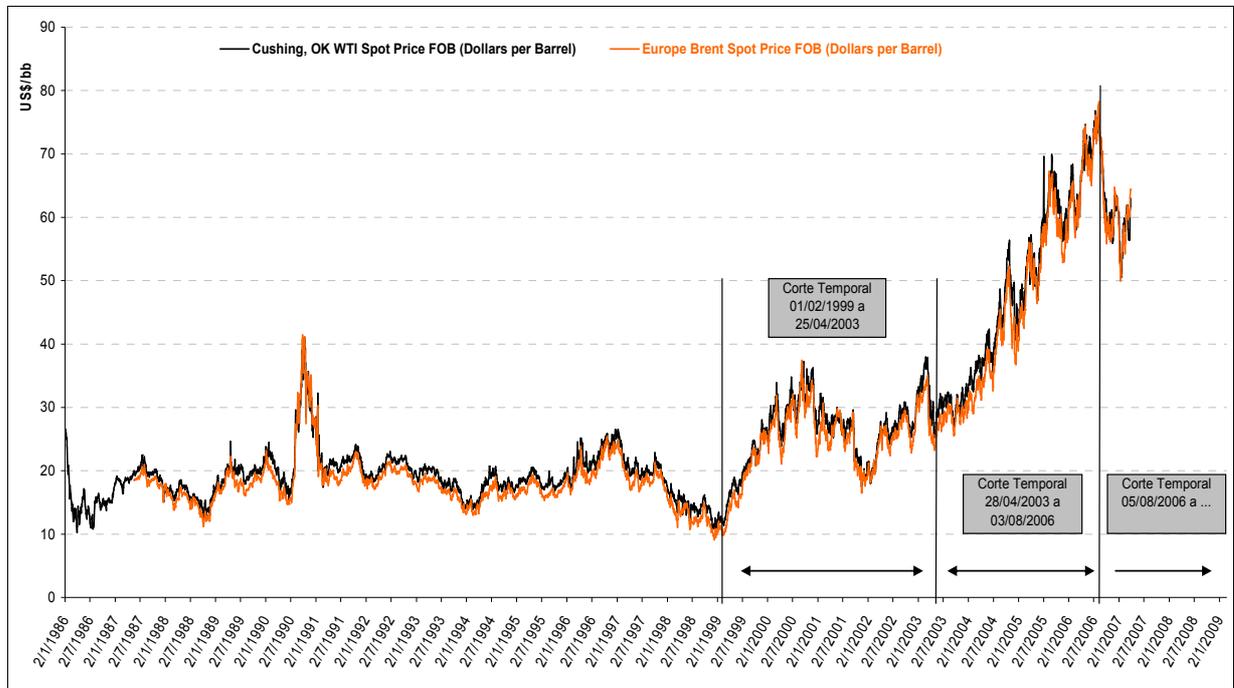
4.3 Dados utilizados

A série temporal para a análise segue a periodicidade diária para os preços *spot*⁶ do Brent, negociado na Bolsa de Londres e WTI⁷ (West Texas Intermediate) que é negociado na Bolsa Mercantil de Nova Iorque, com período de cobertura de 20 de maio de 1987 até **xx de mês de ano** disponíveis em EIA (2007).

O gráfico em seguida demonstra o comportamento dos preços do petróleo em dólares norte-americanos por barril, cobrindo o período de janeiro de 1985 **aos dias correntes** com os respectivos cortes temporais propostos para análise.

⁶ “O termo *spot* provém do inglês e significa a vista, ou seja, é usada a série *spot*, pois se acredita numa maior volatilidade dos preços do que no mercado futuro ou estrutura a termo” (DIAS, 2005).

⁷ Brent era o nome de uma antiga plataforma de petróleo (Brent Spar) da Shell no Mar Norte.

GRÁFICO 2 – Comportamento mensal dos preços *spot* do petróleo (em US\$/bbl)

FONTE: EIA (2007)

Afim de se identificar alguns fatores de turbulência nos preços gerada pelas informações vigentes, foram adotados 3 cortes temporais conforme descritos a seguir:

- Primeiro corte – de 01/02/1999 a 25/04/2003 : JUNIOR, LOOTY e FERNANDES (2006) avaliam o período coberto pelos anos de 2001 e 2003, marcados pela relativa estabilidade do preço do petróleo, sendo mantido dentro dos patamares estabelecidos pela OPEP. Para os autores, ainda as perspectivas de uma guerra dos EUA contra o Iraque e a queda do dólar americano se caracterizaram no final de 2002 e 2003 respectivamente.
- Segundo corte – de 28/04/2003 a 03/08/2006: Nesses três anos e 4 meses o cenário foi marcado por uma forte desvalorização da moeda americana, a instabilidade da guerra no Iraque e do crescimento sustentado da demanda, das importações dos países Não-OPEP e das condições de oferta do petróleo. As

atenções se voltaram para o lado da oferta; nas palavras de JUNIOR, LOOTY e FERNANDES (2006):

A China tornou-se o segundo maior importador de petróleo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. O crescimento do consumo, nos últimos anos - conduzido pelo aumento das demandas chinesa e americana - junto à recuperação econômica mundial, aumentou o medo de falta de abastecimento e tem contribuído para a manutenção de patamares elevados do preço do petróleo. No caso da oferta, as atenções se concentraram nos planos de investimento, na capacidade de produção e nas questões políticas dos principais países exportadores.

Ainda neste período, em meados de 2005, os elevados patamares de preços, acima de US\$/bbl 55,00 persistiram com tendência de alta, invertendo para baixo da linha de expectativa dos agentes no final do ano impulsionados pela baixa demanda norte-americana por óleo de calefação.

- Terceiro corte – de 05/08/2006 a **período recente**: Recentemente, no primeiro semestre de 2007, os possíveis fatores desencadeadores de incerteza nos preços foram atribuídos ao Irã. Os EUA em relação ao beneficiamento de energia nuclear e a guerra diplomática da Inglaterra em relação a captura de marinheiros britânicos.

4.6 O processo de reversão à média nos preços dos óleos no longo prazo

Para DIAS (2005), as evidências empíricas e lógicas microeconômicas (forças de oferta x de demanda, etc.) indicam o processo estocástico do preço do óleo como tendo o *componente* de Movimento de Reversão à Média e os preços do *mercado futuro* (estrutura a termo) outro indicativo de processo de reversão a média, pelo menos dentro do horizonte de até 2 anos.

Para se verificar quanto tempo o preço do WTI e Brent levam para se corrigir após distúrbios e ajustar-se a sua tendência cointegrada, será empregada a metodologia Vetores Auto Regressivos (VAR) desenvolvida por SIMS (1980), onde uma de suas maiores contribuições foi a de transformar modelos de equações simultâneas

capazes de analisar as inter-relações entre as variáveis macroeconômicas e seus efeitos a partir de “choques” que provocam ciclos na economia, isto é, esses modelos foram capazes de analisar a importância relativa de cada “surpresa” (ou inovações) sobre as variáveis do sistema macroeconômico.

Esta é a abordagem empírica que possibilita um maior entendimento de como as variáveis macroeconômicas respondem a esses “choques”, simultaneamente.

A estimativa do modelo VAR para tal finalidade pode ser formalizada pelas equações a seguir:

$$\ln pBrent_t = \alpha_1 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln pBrent_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \gamma_j \ln Wti_{t-j} + \mu_{1t}$$

$$\ln pWti_t = \alpha_1 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln pWti_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \gamma_j \ln pBrent_{t-j} + \mu_{2t}$$

Equação (4)

Sendo os termos μ_s os erros estocásticos, chamados de impulsos ou inovações na linguagem do VAR e os demais parâmetros anteriormente citados como os logaritmos naturais dos preços *Spot* do barril do tipo Brent e *Wti* respectivamente.

Onde explica *ONO et. alli* (2005) que cada equação do VAR nada mais é do que uma regressão por Mínimos Quadrados Ordinários de uma determinada variável em variáveis defasadas de si própria e de outras variáveis componentes do modelo.

De acordo com JOHNSTON e DINARDO (2000), “as funções de impulso-resposta permitem calcular as reações em cadeia de um determinado choque”. Elucidam *ONO et. alli* (2005), que a idéia é a seguinte: suponha um sistema de 1ª ordem com duas variáveis:

$$y_{1t} = \alpha_{11}y_{1,t-1} + \alpha_{12}y_{2,t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$y_{2t} = \alpha_{21}y_{1,t-1} + \alpha_{22}y_{2,t-1} + \varepsilon_{2t}$$

Equação (5)

Uma alteração em ε_{1t} tem um efeito imediato de um para um em y_{1t} , mas não tem efeito em y_{2t} . No período seguinte, essa alteração em y_{1t} afeta $y_{2,t+1}$ através da 1ª

equação, mas também afeta $y_{2, t + 1}$ através de segunda equação. Esses efeitos em cadeia repercutem no tempo. Esse vetor estabelece um choque de um desvio padrão na 1ª equação, mantendo todos os outros choques constantes.

Segundo ONO *et. alli* (2006), “a decomposição da variância dos erros de previsão é uma ferramenta útil por mostrar a evolução do comportamento dinâmico apresentado pelas variáveis em consideração n períodos á frente”.

Logo o uso do modelo da Decomposição da Variância pode ajudar a explicar quanto tempo em média os preços de cada óleo em função de outro pode demorar a se ajustar a um possível choque desviando de sua tendência de reversão á media.

5. METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. No intuito de alcançar os objetivos propostos, será apresentado o conteúdo dos capítulos da futura monografia.

5.1 Capítulos da Monografia

No capítulo I da monografia será apresentada uma introdução ao tema, focalizando a problemática análise convencional de oferta e demanda para determinação dos preços do petróleo no mercado mundial.

No capítulo II será feito um exame teórico das abordagens de expectativas dos agentes dentro de um contexto histórico, os choques petrolíferos e quais os fatos que geraram volatilidade no mercado.

Será analisada no capítulo III da monografia, a formulação dos modelos econométricos de heterocedasticidade condicional, de co-integração e de vetores autorregressivos para fins de previsão de valores futuros de preços, comparando a aplicabilidade e limitação de cada um deles.

O conteúdo do capítulo IV da monografia será composto de uma análise e discussão dos resultados derivados do modelo proposto no trabalho.

O capítulo V apresentará as diversas possibilidades e alguns limites para a aplicação do modelo proposto, supondo a escassez da *commoditie* dentro de um futuro próximo, bem como as expectativas dos principais órgãos e institutos de pesquisa energética acerca da elevação dos preços do petróleo no mundo.

6. PROPOSTA DE SUMÁRIO

<u>LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....</u>	
<u>LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS.....</u>	
<u>RESUMO.....</u>	
<u>1 INTRODUÇÃO.....</u>	
<u>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</u>	
<u>2.1 As limitações da análise de oferta e demanda na determinação dos preços do petróleo.....</u>	
<u>2.2 Histórico da indústria do petróleo.....</u>	
<u>2.3 Os Modelos de Expectativas.....</u>	
<u>3 FORMULAÇÃO DOS MODELOS ECONÔMICOS DA FAMÍLIA ARCH.....</u>	
<u>3.1 A modelagem de heterocedasticidade condicional a volatilidade.....</u>	
<u>3.2 A modelagem de co-integração e de vetores auto-regressivos para previsão.....</u>	
<u>3.3 Resultado dos testes e dos modelos econométricos.....</u>	
<u>3.3 Uma previsão futura para os preços dos óleos.....</u>	
<u>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS FRENTE A EXPECTATIVA GLOBAL</u>	
<u>5 A PROPOSTA DE NOVAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....</u>	
<u>5.1 As possibilidades da proposta do etanol na matriz energética.....</u>	
<u>6 CONCLUSÕES.....</u>	
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	
<u>ANEXOS.....</u>	

7. CRONOGRAMA DE TRABALHO

Apresentar as respectivas etapas do estudo assinalando o período previsto para a sua realização (semana ou quinzena).

Cronograma de Atividades de Trabalho Monográfico

Atividades	Abr 2007	Mai 2007	Jun 2007	Jul 2007	Ago 2007	Set 2007	Out 2007
Início da revisão do Projeto de Pesquisa	X						
Revisão dos Problemas e das Hipóteses	X	X					
Aperfeiçoamento do Referencial Teórico			X				
Revisão dos Objetivos Gerais da Pesquisa			X				
Determinação dos Objetivos Específicos			X				
Processo de Revisão da Literatura			X				
Coleta definitiva dos dados da pesquisa			X	X			
Preparação definitiva do referencial teórico				X			
Análise e quantificação dos dados levantados				X			
Processo de formatação da Monografia					X		
Conclusão final do trabalho					X		
Impressão provisória do trabalho					X		
Reunião p/ Revisão com o Prof.º Orientador	X	X	X	X	X	X	X
Revisão da Apresentação Oral da Monografia					X		
Revisão Geral da Monografia						X	X
Impressão e Encadernação final da Monografia							X
Convidar Profs. para a Banca examinadora					X		
Data prevista para entrega da Monografia							X
Adaptação para publicação de artigo científico						X	X

Nota: O presente cronograma está elaborado de acordo com estimativas do autor do trabalho.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, C. **Market Models. A Guide to Financial Data Analysis.** 1. ed. Chichester, John Wiley & Sons Ltd., 2001.

BOLLERSLEV, T., ENGLE R.,F. e NELSON, D. B. **ARCH Models**, Cap. 49 em ENGLE R. F. e McFADDEN, D. (eds.), *Handbook of Econometrics*, Volume 4, North-Holland, 1994.

DIAS, M. A. G **Análise de Investimentos com Opções Reais e Jogos de Opções**, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, *Apresentação de Slides*, primeiro semestre de 2005.

EIA, ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Spot Prices.** . Disponível em:< http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm > Acesso em: 01 de janeiro de 2007

ENGLE, R. F., e V.K. NG, **Measuring and Testing the Impact of News on Volatility**, *Journal of Finance*, p. 48, Janeiro de 1993.

EIEWS 4 USER'S GUIDE, *Quantitative Micro Software*,LLC, Estados Unidos, fevereiro de 2002.

GLEISER, I. **Caos e Complexidade A evolução do pensamento econômico.** ed. Campus, Rio de Janeiro, 2002.

JÚNIOR, H. Q. P., LOOTY, M., FERNANDES, C. **O Mercado Internacional do Petróleo: preços altos significam maior volatilidade?** *In* Petróleo e Gás Natural Disponível em < http://www.gee.ie.ufrj.br/publicacoes/pdf/2006_mercado_inter.pdf > Acesso em: fevereiro de 2007.

KRONER, K. F., e V. K. NG, **Modeling Asymmetric Comovements of Asset Returns**, *Review of Financial Studies*, p.11, 1998.

SOUZA, F. R. **Impacto do preço do petróleo na política energética mundial**. Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade Federal do Rio de Janeiro, novembro de 2006.

SILVA, J.C. **Estimação do valor em risco usando informação intra diária**. Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, *Dissertação de Mestrado*, Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 2002.

SIMS, C. **Macroeconomics and Reality**, *Econometrica*, 48, p.1-48, 1980.

SHEPPARD, K. **Univariate Volatility Modeling**, *Lecture 7, Chapter 5*. Disponível em < <http://www.kevinsheppard.com> > Acesso em: janeiro de 2007.

VALOR ECONÔMICO **Preços do petróleo fecham último pregão do mês sem tendência definida.** Disponível em < <http://www.valoronline.com.br/valoronline/Geral/internacional/economia/Precos+do+petroleo+fecham+ultimo+pregao+do+mes+sem+tendencia+definida,...17,4232427.html?highlight=&newsid=4232427&areaid=17&editionid=1733> > Acesso em 01 de abril de 2007.

ZAKOIAN, J. M. **Threshold Heteroscedastic Models**, *Journal of Economic Dynamics and Control*, p. 931-944, 1994.

Referências Recomendadas

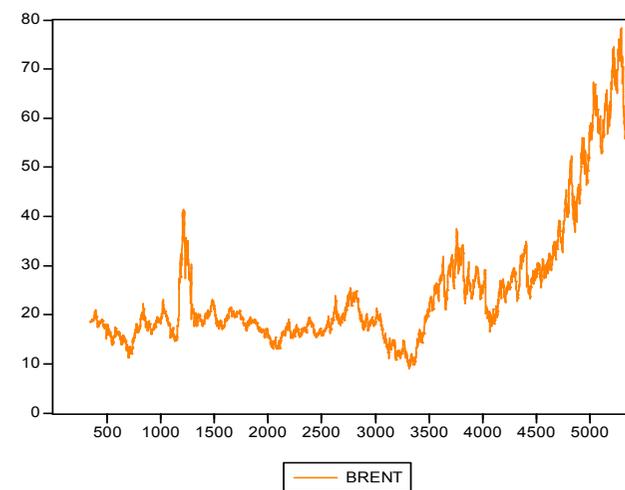
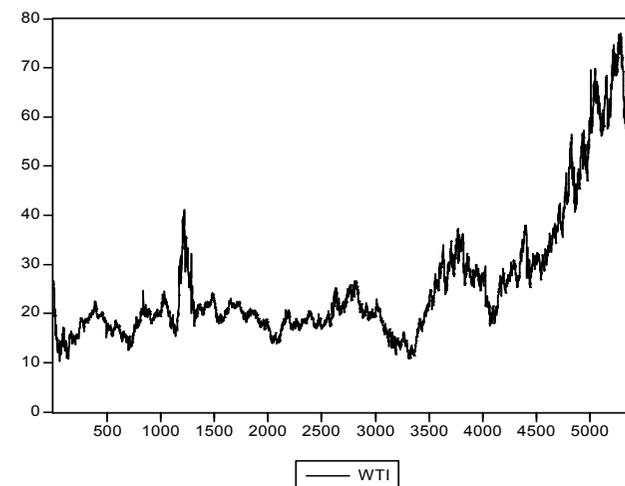
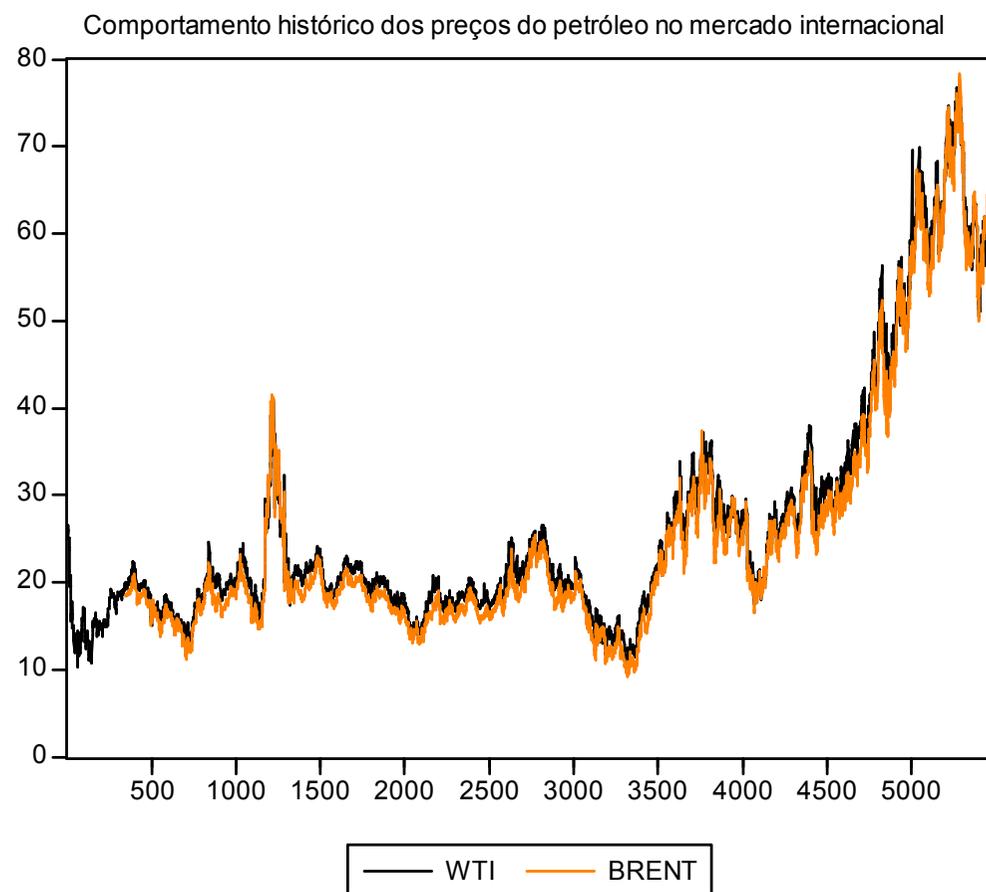
LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 3. ed. Atlas, São Paulo 2000.

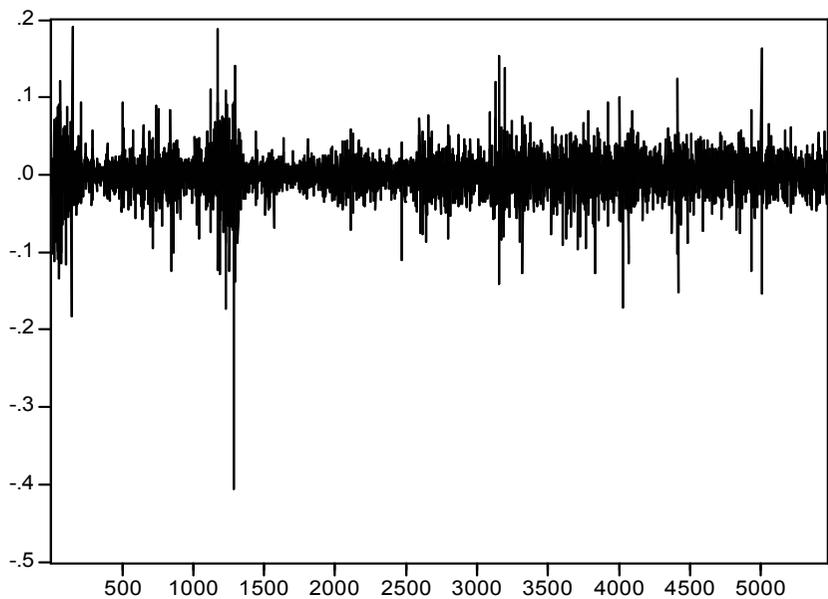
KURTZMAN, J. A morte do dinheiro Como a economia eletrônica desestabilizou os mercados mundiais e criou o caos financeiro. Ed. Atlas, São Paulo, 1994.

ANEXO

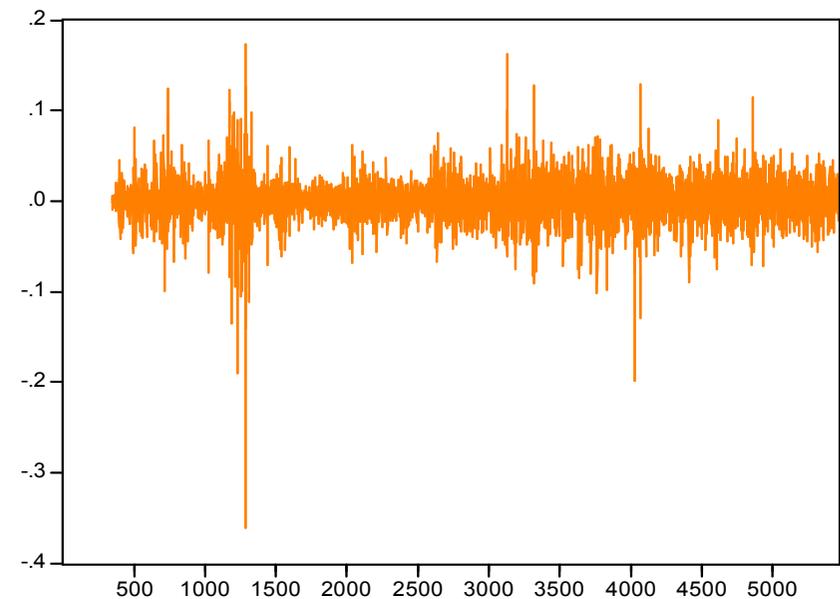
Análise econométrica pré-eliminar:

De maneira ilustrativa, segue o resultado da análise econométrica pré-eliminar com as estatísticas descritivas para a série de preços dos óleos desde 02 de janeiro de 1986 a 10 de abril de 2007:





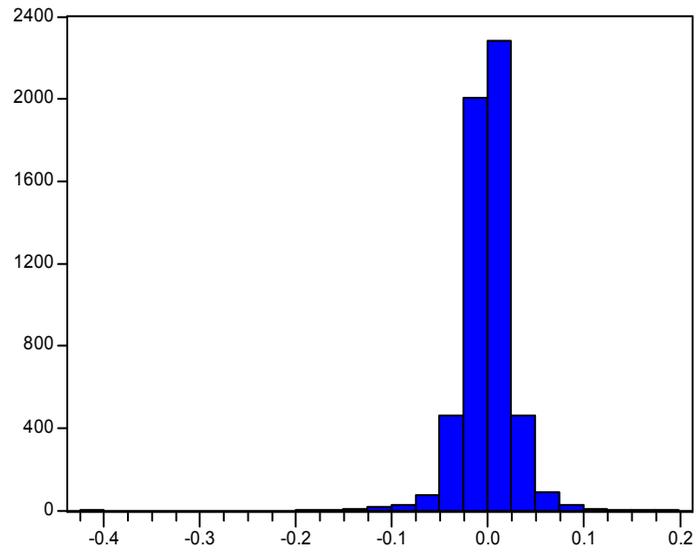
— Retornos logarítmicos do WTI



— Retornos logarítmicos do Brent

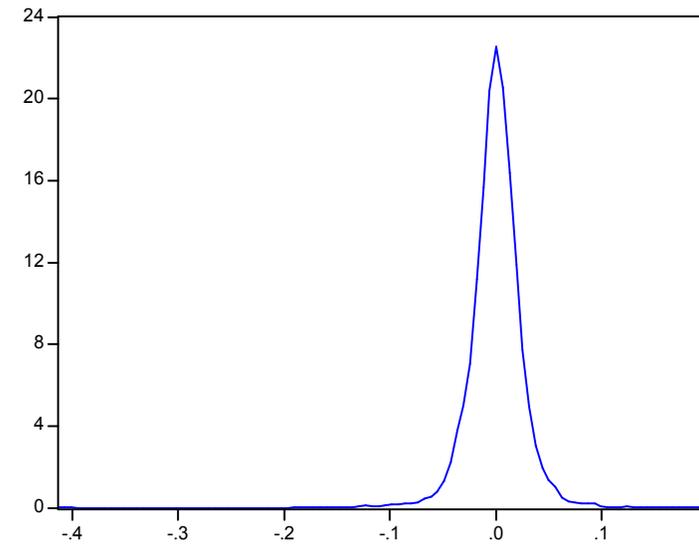
Estatística descritiva dos preços dos óleos		
	WTI	BRENT
Media	2.640353	2.561173
Mediana	2.073000	1.970000
Maximo	7.705000	7.826000
Minimo	1.025000	9.100000
Desvio Padrão	1.396508	1.409912
Assimetria	1.786336	1.776769
Curtose	5.398761	5.360283
Jarque-Bera Probabilidade	4.219027	3.883877
Soma	14437.45	13118.33
Soma Quad. Desvios	1066194	1017979
Observações	5468	5122

Histograma dos retornos dos preços do WTI



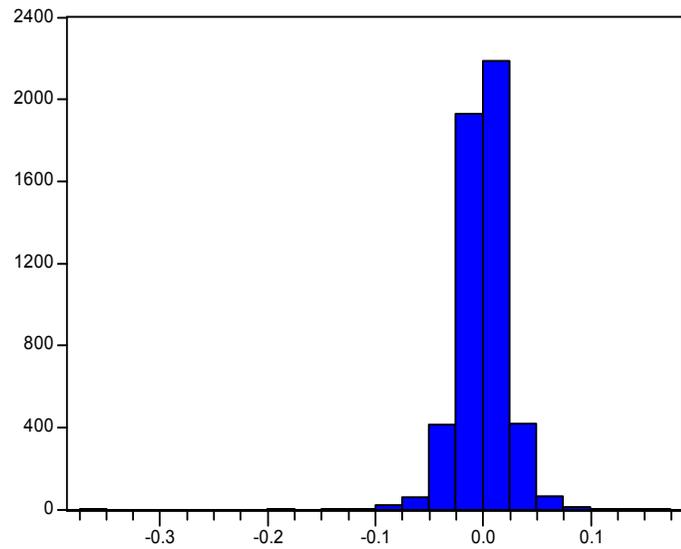
Serie: DLOG(WTI)	
Amostra	2 5468
Observações	5467
Média	0.000162
Mediana	0.000561
Maximo	0.191506
Minimo	-0.406396
Desvio Padrão	0.0254
Assimetria	-1.003737
Curtose	20.98615
Jarque-Bera	74608.96
Probabilidade	0.000000

Kernel Density (Epanechnikov, h = 0.0065)



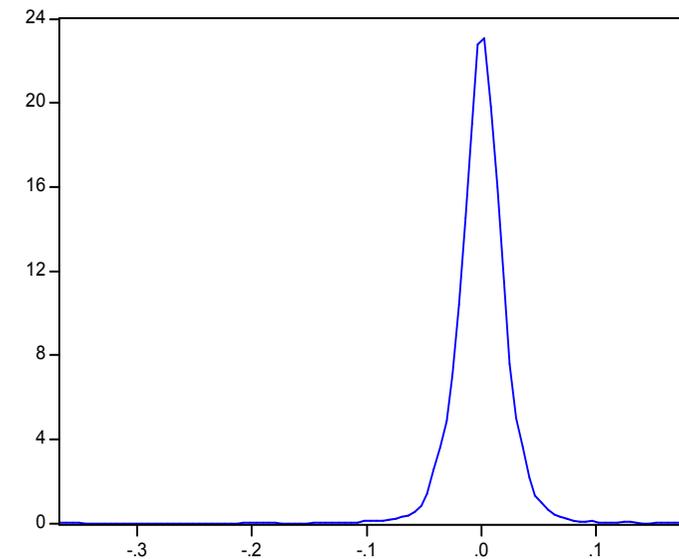
Densidade dos retornos logarítmicos do WTI

Histograma dos retornos logarítmicos do Brent



Serie: DLOG(BRENT)	
Amostra	348 5468
Observações	5121
Media	0.000252
Mediana	0.000000
Maximo	0.173333
Minimo	-0.361214
Desvio Padrão	0.023117
Assimetria	-0.865719
Curtose	20.29715
Jarque-Bera	64479.62
Probabilidade	0.000000

Kernel Density (Epanechnikov, h = 0.0064)



Densidade dos retornos logarítmicos do Brent

Variável Dependente: DLOG(WTI)
 Método: ML - ARCH (BHHH)
 Data: 04/19/07 Time: 09:34
 Amostra(ajustada): 3 5468
 Observações incluídas: 5466 após ajuste
 Configurações da Estimação: tol= 0.00010, derivs=accurate numeric
 Valores Iniciais: C(1)=0.00016, C(2)=-0.01709, C(3)=0.00500,
 C(4)=0.00042, C(5)=0.15000, C(6)=0.60000
 Convergência alcançada após 81 iterações
 Bollerslev-Wooldrige robust standard errors & covariance
 MA backcast: 2, Variance backcast: ON

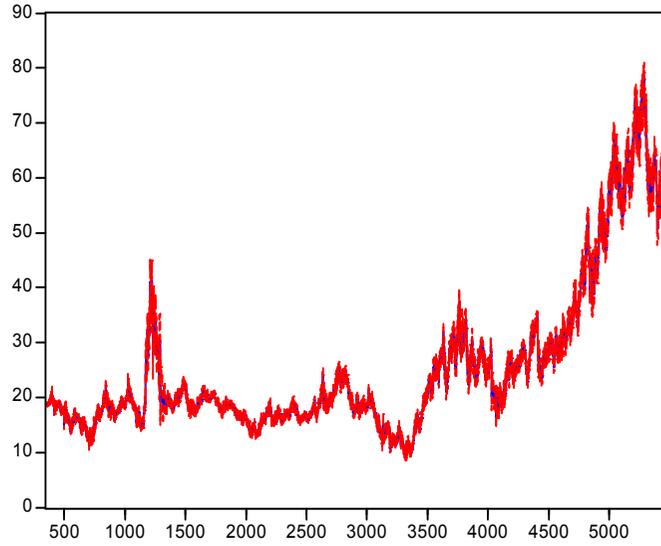
	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística z	Prob.
C	1.11E-05	1.55E-05	0.714163	0.47510
DLOG(WTI(-1))	0.925400	0.033189	2.788.259	0.00000
MA(1)	-0.946558	0.028233	-3.352.710	0.00000
Equação da Variância				
C	7.21E-06	1.60E-06	4.496.600	0.00000
ARCH(1)	0.106706	0.015672	6.808.673	0.00000
GARCH(1)	0.890172	0.011738	7.583.969	0.00000
R-quadrado	0.005263	Média da Variável dep.		0.000159
R- quadrado ajustado	0.004352	Desvio Pad. Var. dep.		0.025428
Soma dos Resíduos da Regres.	0.025372	Critério de informação Akaike		-
SQR	3.514.937	Critério Schwarz		-
Verossimilhança Log	13096.03	F-statistic		4.782.369
Durbin-Watson	2.001.8490	Prob(F-estatístico)		5.777.950
Raízes invertidas da média móvel	0.95			0.000025

Resultado da Estimativa do Modelo GARCH-M (1,1)
 para o WTI de 06 de janeiro de 1986 a 10 de abril de
 2007.

Variável Dependente: DLOG(BRENT)
 Metodo: ML - ARCH (BHHH)
 Data: 04/19/07 Hora: 09:52
 Amostra (ajustada): 349 5468
 Observações incluídas: 5120 após ajustes
 Configurações da Estimação: tol= 0.00010, derivs=accurate numeric
 Valores Iniciais: C(1)=0.00024, C(2)=0.03600, C(3)=0.00500,
 C(4)=0.00035, C(5)=0.15000, C(6)=0.60000
 Convergência alcançada após 19 iterações
 Bollerslev-Wooldrige robust standard errors & covariance
 MA backcast: 348, Variance backcast: ON

	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística z	Prob.
C	0.00059	0.000377	1.566.402	0.11730
DLOG(BRENT(-1))	-0.441374	0.156305	-2.823.808	0.00470
MA(1)	0.497592	0.151918	3.275.396	0.00110
Equação da Variância				
C	5.54E-11	1.16E-11	47.805.690	0.00000
ARCH(1)	0.083872	0.011778	7.121.1570	0.00000
GARCH(1)	0.909567	0.010104	9.001.6690	0.00000
R-quadrado	0.000271	Média var. dep.		0.000254
R-quadrado ajustado	-0.000707	Desvio Padrão da var. dep		0.023119
Soma dos Res. Da Regr.	0.023127	Critério de Informação Akaike		-4.945.8750
SQR	2.735.318	Critério Schwarz		-4.938.2100
Verossimilhança Log	12667.44	F-statístico		0.277182
Durbin-Watson	2.041.134	Prob(F-estatístico)		0.925825
Raízes invertidas da média movel	-0.5			

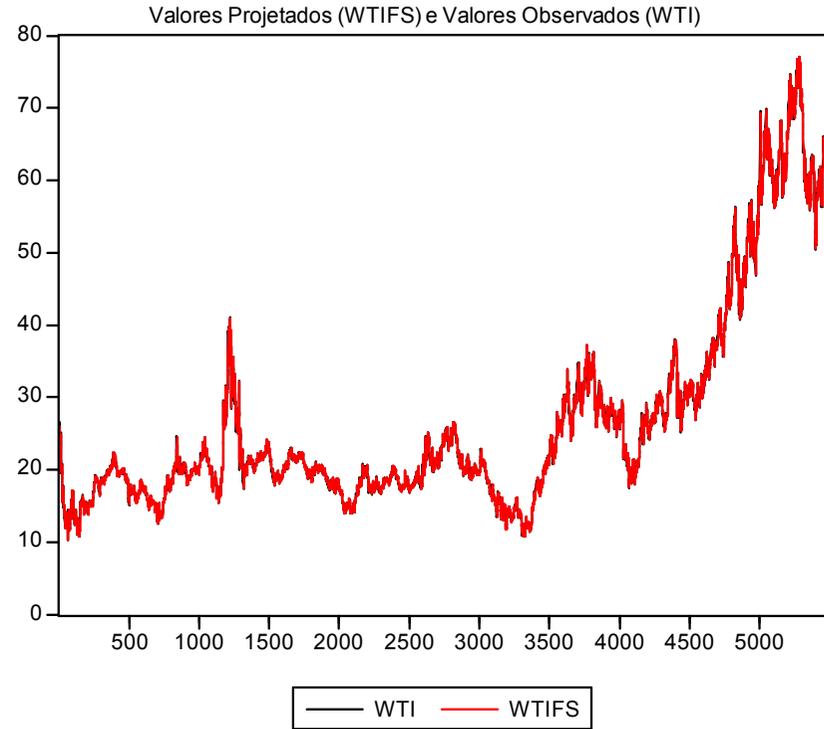
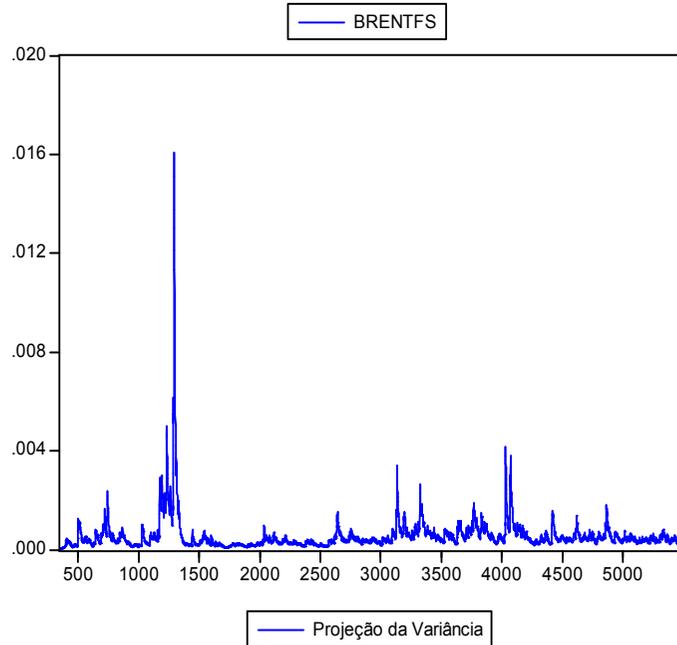
Resultado da Estimativa do Modelo GARCH-M (1,1)
 para o Brent de 20 de maio de 198 a 10 de abril de
 2007.

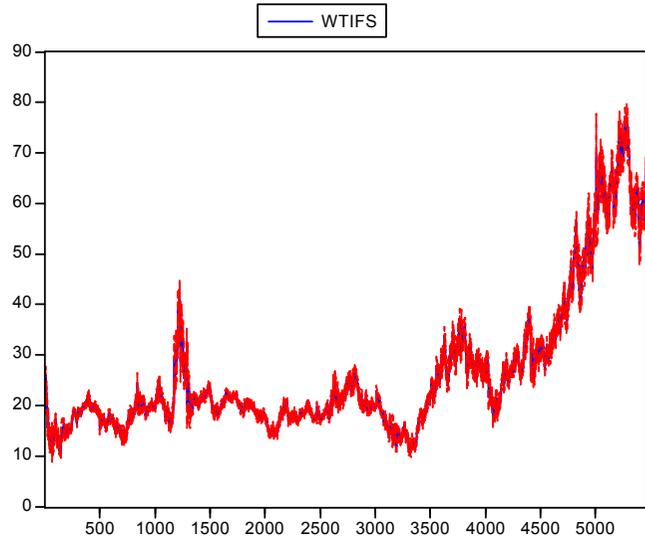


Projeção: BRENTFS
Atual: BRENT
Amostra projetada: 1 5468
Amostra ajustada: 349 5468
Observações incluídas: 5120

Raiz Média do Qud. do Erro	0.659959
Média Absoluta do Erro	0.417762
Média Abs. Percentual de Erro	1.609860
Theil Inequality Coefficient	0.011286
Bias Proportion	0.000003
Variance Proportion	0.000059
Covariance Proportion	0.999938

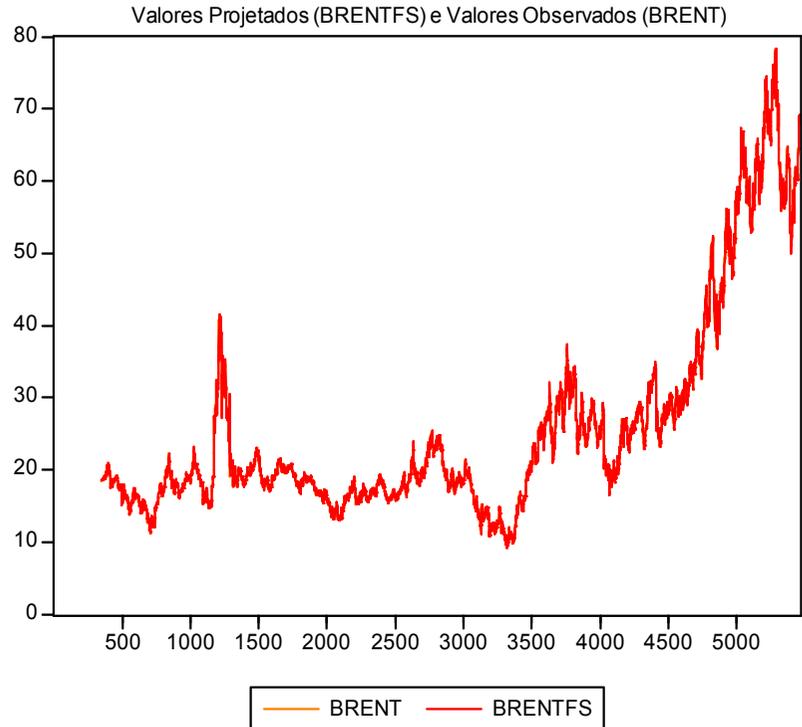
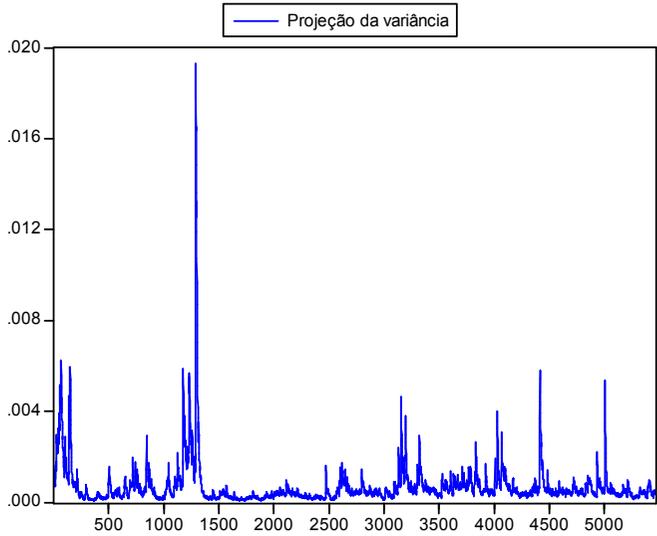
Resultado da Estimativa do Modelo GARCH-M (1,1) para o Brent de 20 de maio de 198 a 10 de abril de 2007.



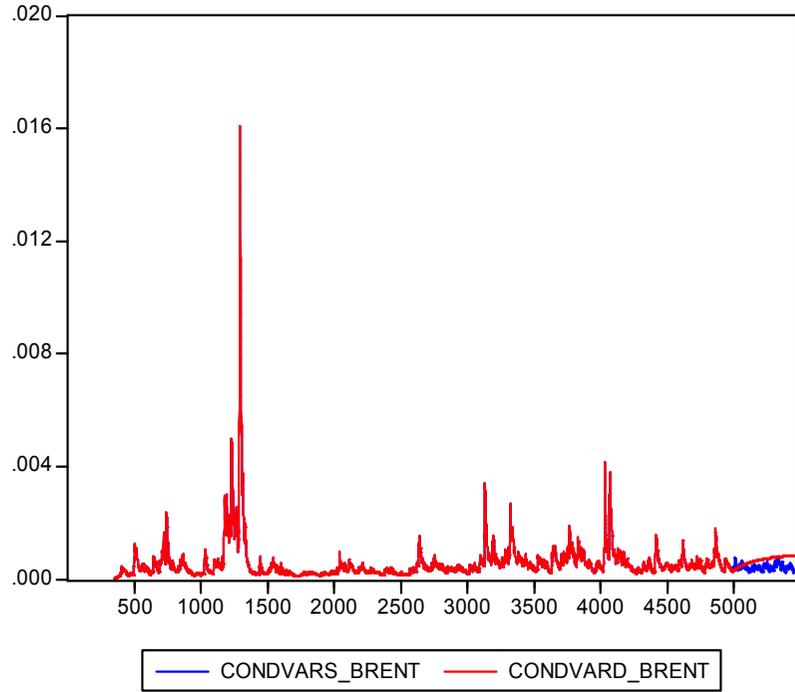


Projeção: WTIFS	
Atual: WTI	
Amostra projetada: 1 5468	
Amostra ajustada: 3 5468	
Observações incluídas: 5466	
Erro Quadrático Médio	0.725908
Média Absoluta do Erro	0.453184
Média Abs. Percentual de Erro	1.727885
Theil Inequality Coefficient	0.012154
Proporção de Viés	0.000121
Proporção da Variância	0.000360
Proporção da Covariância	0.999519

Valores projetados pelo Modelo GARCH-M (1,1) para o WTI de 06 de janeiro de 1986 a 10 de abril de 2007.



Variâncias Condicionais Dinâmica (CONDVARD_BRENT) e Estática (CONDVARS_BRENT)



Variâncias Condicionais Dinâmica (CONDVARD_WTI) e Estática (CONDVARS_WTI)

