

O PAPEL DA ESFERA FINANCEIRA NO PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DOS  
PREÇOS DO PETRÓLEO NO MERCADO INTERNACIONAL: UMA ANÁLISE DE  
PRICE DISCOVERY DOS MERCADOS BRENT E WTI NO PERÍODO 1990-2011

Renan Pinheiro Silvério

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Planejamento  
Energético, COPPE, da Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Mestre em  
Planejamento Energético

Orientador: Alexandre Salem Szklo

Rio de Janeiro

Maio de 2012

O PAPEL DA ESFERA FINANCEIRA NO PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DOS  
PREÇOS DO PETRÓLEO NO MERCADO INTERNACIONAL: UMA ANÁLISE DE  
PRICE DISCOVERY DOS MERCADOS BRENT E WTI NO PERÍODO 1990-2011

Renan Pinheiro Silvério

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

---

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

---

Prof. Roberto Schaeffer., Ph.D.

---

Dr. Giovani Vitória Machado, D.Sc.

---

Prof. José Sérgio Gabrielli de Azevedo, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MAIO DE 2012

Silvério, Renan Pinheiro

O Papel da Esfera Financeira no Processo de Determinação dos Preços do Petróleo do Mercado Internacional: Uma Análise de Price Discovery dos Mercados Brent E WTI no Período 1990-2011/ Renan Pinheiro Silvério. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XVII, 102 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Alexandre Salem Szklo

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 95-102.

1. Preços de Petróleo. 2. Mercados Futuros. 3. Análise de Price Discovery. I. Szklo, Alexandre. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Alexandre Szklo, sempre disposto a ajudar e colaborar com a realização deste trabalho de forma incansável. Seu constante incentivo e apoio contribuíram muito para que eu pudesse seguir adiante. Agradeço também aos professores Roberto Schaeffer, Giovani Machado e José Sérgio Gabrielli por terem gentilmente aceito o convite para fazer parte desta banca.

Agradeço à minha querida Mariana, pelo amor imenso, pelo companheirismo e carinho em todas as etapas deste longo percurso. Quero agradecer à minha família, meus pais Antonio e Vera e meus irmãos Vitor e Pierre, pela compreensão, apoio incondicional e incentivo em todas as etapas da minha vida de estudante.

Agradeço à minha gerente na Petrobras, Renata Szczerbacki, por acreditar em mim como profissional, pelas inúmeras oportunidades de crescimento e pela forma gentil e humana com que conduz a sua equipe. Ao antigo gerente executivo da Estratégia Corporativa, Celso Lucchesi, pelo apoio e pela confiança. Ao meu primeiro supervisor de estágio e hoje colega de equipe Carlos Braga, por ter guiado meus primeiros passos do mercado de Petróleo, hoje meu objeto de estudo. Aos meus colegas da equipe de preços, Eduardo Strube, Patrícia Carneiro e Raquel Nadal pelo companheirismo e pela constante troca de ideias. Ao colega Fernando Avellar, pela disponibilidade em ajudar, em especial na etapa de revisão bibliográfica. A todos os meus colegas da gerência de Estudos e Mercados e Negócios e da Estratégia Corporativa, pela gentileza, apoio e incentivo ao longo do percurso. Gostaria de deixar um agradecimento especial ao colega Tiago Maia de Andrade, pela presteza em me ajudar a coletar parte das séries de dados utilizadas neste trabalho. E de uma forma geral agradeço à Petrobras pelo apoio dado ao seu corpo de funcionários para que possa continuamente estudar, crescer e se desenvolver como profissionais.

Agradeço ao amigo Diogo Braga, pelo constante apoio ao longo do curso e pela disponibilidade em compartilhar os seus amplos conhecimentos em econometria/estatística, que contribuíram de forma importante para a realização deste trabalho.

Agradeço enormemente a todos aqueles que viram apresentações e ou textos contendo versões preliminares das ideias deste trabalho e de alguma forma contribuíram com críticas, sugestões e conselhos para o seu aprimoramento.

Por último, agradeço aos meus colegas das turmas de 2010 e 2011 pela constante troca de conhecimento e ajuda na fase de créditos do Mestrado, e a toda a equipe do Programa de Planejamento Energético, em especial à Sandrinha, pela disposição e presteza em nos ajudar com tudo aquilo que foi necessário ao longo dessa jornada.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

O PAPEL DA ESFERA FINANCEIRA NO PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DOS  
PREÇOS DO PETRÓLEO NO MERCADO INTERNACIONAL: UMA ANÁLISE DE  
PRICE DISCOVERY DOS MERCADOS BRENT E WTI NO PERÍODO 1990-2011

Renan Pinheiro Silvério

Maio/2012

Orientador: Alexandre Salem Szklo.

Programa: Planejamento Energético

Este estudo analisa o papel das esferas financeiras no processo de determinação dos preços do petróleo através de uma análise de *price discovery* variável no tempo. São analisados os mercados dos dois principais benchmarks do mercado de petróleo, o WTI e o Brent. A Dissertação identificou que a esfera financeira predominou no processo de formação de preços do WTI pela maior parte do período, com influência crescente no horizonte de tempo. Tal resultado indica que fatores específicos dos mercados financeiros, como o comportamento de instituições financeiras, podem explicar as flutuações dos preços de petróleo. Contudo, não é possível descartar o papel dos fundamentos físicos na determinação dos preços do WTI, que se fazem presentes na formação de expectativas dos agentes. No caso do mercado do Mar do Norte, os resultados apontam que os mercados *forward* tiveram papel predominante até o ano de 2002. A partir daí ocorreu uma substituição pelo mercado Brent Datado, que perdurou como dominante até o final do horizonte de análise. Assim, as camadas com apelo físico (e nessa categoria é possível incluir os mercados *forward*) sempre mantiveram papel dominante no processo de formação de preços do Brent.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

THE ROLE OF FINANCIAL ELEMENTS IN THE PROCESS OF OIL PRICE  
DETERMINATION IN INTERNATIONAL MARKETS: A PRICE DISCOVERY  
ANALYSIS OF BRENT AND WTI MARKETS BETWEEN 1990 AND 2011

Renan Pinheiro Silvério

May/2012

Advisor: Alexandre Salem Szklo

Department: Energy Planning

This Dissertation analyses the role of the financial markets in the oil price determination process through a time-varying price discovery analysis. The two main marker crude oil streams, WTI and Brent, are studied. The Dissertation identified that the financial layer predominated in the process of WTI price determination most of the time, with growing influence over the decade. Such a result indicates that particular factors related to financial markets, e.g. the behavior of financial institutions, may explain fluctuations in oil prices. However, it is not possible to discard the role of physical fundamentals on the formation of agents' expectations. Regarding North Sea oil markets, results point to a dominant role of forward markets throughout the studied period until 2002, when a shift towards Dated Brent occurred. From 2002 onwards, Dated Brent predominates as the dominant layer. Hence, the market layers with a physical component (including forward markets in this category) always kept a dominant role in process of Brent price formation.

# **SUMÁRIO**

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 HISTÓRICO RECENTE DA FORMAÇÃO DE PREÇOS NO MERCADO DE PETRÓLEO .....</b>	<b>7</b>
1.1 HISTÓRICO DO MERCADO GLOBAL DE PETRÓLEO 1960 – 1990 .....	8
1.2 OS PETRÓLEOS MARCADORES: BRENT E WTI.....	18
1.3 EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA: O WTI.....	22
1.4 EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DO MAR DO NORTE: O BRENT.....	32
<b>2 CONCEITO DE PRICE DISCOVERY E METODOLOGIA DE MENSURAÇÃO .....</b>	<b>43</b>
2.1 O CONCEITO DE PRICE DISCOVERY .....	43
2.2 PRICE DISCOVERY E OS SEUS DIFERENTES MÉTODOS DE MENSURAÇÃO .....	47
2.3 METODOLOGIA PARA A OBTENÇÃO DA MEDIDA $\theta$ DE FORMA VARIÁVEL NO TEMPO: UMA APLICAÇÃO DO FILTRO DE KALMAN <sup>56</sup>	
2.4 AVALIAÇÃO DA HIPÓTESE DE COINTEGRAÇÃO ENTRE AS SÉRIES DE PREÇOS E ESTIMAÇÃO DOS MODELOS. 58	
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>62</b>



3.1	DESCRIÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS DOS TESTES DE COINTEGRAÇÃO E DA ANÁLISE DE PRICE	
	DISCOVERY VARIÁVEL NO TEMPO. ....	62
3.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS PARA O MERCADO DO WTI .....	70
3.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS PARA O MERCADO DO BRENT .....	80
3.4	DISCUSSÃO DA RELAÇÃO ENTRE O MAR DO NORTE E O MERCADO AMERICANO .....	86
<b>CONCLUSÕES .....</b>		<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>95</b>

## ***Lista de Figuras***

Figura 1 Variação Percentual da Demanda Global por Petróleo no período 1966-1973 (BP, 2011).....	10
Figura 2 <i>Market Share</i> da Organização dos Países Exportadores de Petróleo no período 1966-1973 (%) (BP, 2011) .....	11
Figura 3 Variação Percentual da Demanda Global por Petróleo no período 1966-1984 (%) (BP, 2011) .....	14
Figura 4 Preços do WTI no período 1983 - 1989 em US\$/bbl (BLOOMBERG, 2011a) .....	15
Figura 5 Participação da Arábia Saudita na produção total da OPEP (%) (BP, 2011) .....	16
Figura 6 Participação dos EUA e da Europa no consumo global de petróleo no período 1975 - 1986 (%) (BP, 2011) .....	19
Figura 7 Diferença WTI - Brent no período 2002-2012 (US\$/bbl) (BLOOMBERG, 2011b) .....	26
Figura 8 Esquema simplificado dos Dutos de petróleo do Meio Oeste dos EUA (IHS CERA, 2011).....	27
Figura 9 Importações de petróleo no PADD 2 por fonte no período 2005-2011 (Milhões bpd) (DOE, 2011) .....	28
Figura 10 Estoques de Petróleo em Cushing, Oklahoma no período 2004 - 2011 (mil barris) (DOE, 2012) .....	29
Figura 11 # de Posições em Aberto nos mercados futuros de Brent e WTI no período 1995 - 2011 (BLOOMBERG, 2011c e BLOOMBERG, 2011d).....	31
Figura 12 Volume e posições em aberto do futuro do Brent no período 1995 - 2012 .....	38

Figura 13 Séries de Preços de Petróleo nas cinco camadas de mercado analisadas no período 1988-2011 em US\$/bbl (DOE, 2012 e PLATTS, 2011).....	64
Figura 14 Medida de Price Discovery do Modelo (1) .....	67
Figura 15 Medida de Price Discovery do Modelo (2) .....	68
Figura 16 Medida de Price Discovery do Modelo (3) .....	68
Figura 17 Medida de Price Discovery do Modelo (4) .....	69
Figura 18 Resultado do Modelo (1) (esq.) em comparação com o Preço Spot do WTI em US\$/bbl (dir.) .....	71
Figura 19 Volume médio mensal transacionado nos mercados futuros da NYMEX e da ICE entre 1995 e 2011 (BLOOMBERG, 2011d).....	81
Figura 20 Resultado do Modelo (2) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.).....	83
Figura 21 Resultado do Modelo (3) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.).....	83
Figura 22 Resultado do Modelo (4) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.).....	84
Figura 23 Preços do WTI Spot, do Brent Datado e da diferença entre eles no período 1992-2011 em US\$/bbl (BLOOMBERG, 2011a) e (BLOOMBERG, 2011b)....	89

## ***Lista de Tabelas***

Tabela 1 Estatísticas descritivas das Séries de Preços de Petróleo nas cinco camadas de mercado analisadas no período 1990-2011. Fonte: Elaboração própria com os dados de DOE (2012), BLOOMBERG (2011a), BLOOMBERG (2011b) e PLATTS (2011)..... 65

Tabela 2 Resultado dos Testes de Cointegração entre os pares relevantes de séries de preços no período 1990-2011..... 66

Tabela 3 Resultado da estimação dos Modelos utilizando o Filtro de Kalman . 67

## ***Lista de Símbolos***

$\Delta p_i$	Vetor de preços escrito em primeira diferença no período i
$\alpha$	Vetor de coeficientes de ajustamento do modelo de correção de erros
$\beta$	Vetor de coeficientes da relação de cointegração
$p_i$	Vetor de preços no período i
$\sum_{k=1}^{K-1} \Gamma_k \Delta p_{t-k}$	Termo determinístico do modelo de correção de erros
$e_t$	Vetor de resíduos da equação de correção de erros
$\Psi(L)$	Polinômio matricial em defasagens utilizado para descrever o modelo de correção de erros na forma de médias móveis. $\Psi(L) = \Psi_0 e_t + \Psi_1 e_{t-1} + \Psi_2 e_{t-2} \dots$
$P_i$	Valor implícito da commodity no período i
$n_i^p$	Termo de erro da equação que descreve o valor implícito da commodity. Representa os choques permanentes que esse valor sofre ao longo do tempo.
$\psi_i$	Elemento da coluna i da matriz $\Psi(1) = \Psi_0 + \Psi_1 + \Psi_2 + \dots$ que descreve o impacto de longo prazo de um choque aleatório sobre o vetor de preços.
$e_{ji}$	Elemento j do vetor de resíduos da equação de correção de erros no período i.

$\sigma_p^2$  Variância do termo de erro da equação que descreve o valor implícito da commodity.

$\sigma_j^2$  Variância do elemento j do vetor de resíduos da equação de correção de erros no período i

$\sigma_{12}$  Covariância entre os elementos 1 e 2 do vetor de resíduos da equação de correção de erros.

$\Omega$  Matriz de variância e covariância dos resíduos do modelo de correção de erros

$F$  Fatorização da matriz  $\Omega$ , de modo que  $\Omega = FF'$ .

$\alpha_j$  Elemento j do vetor de coeficientes de ajuste do modelo de correção de erros.

$D(L)$  Polinômio matricial em defasagens utilizado para descrever o modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais.

$$D(L) = D_0 n_t + D_1 n_{t-1} + D_2 n_{t-2} + \dots$$

$D_0$  Matriz de coeficientes que acompanha o termo de erro contemporâneo no polinômio matricial em defasagens utilizado para descrever o modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais.

$n_t$  Termo de erro do modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais. Pode ser decomposto em um componente permanente e em um componente transitório.

$d_{0,j}^P$  Elemento da linha  $j$  da matriz  $D_o$  que multiplicará o componente permanente do termo de erro do modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais. É possível expressar  $D_o = \begin{bmatrix} d_{0,1}^P & d_{0,1}^T \\ d_{0,2}^P & d_{0,2}^T \end{bmatrix}$

$d_{0,j}^T$  Elemento da linha  $j$  da matriz  $D_o$  que multiplicará o componente transitório do termo de erro do modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais.

$n_i^P$  Termo que representa a porção permanente do termo de erro do modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais no período  $i$ .

$n_i^T$  Termo que representa a porção transitória do termo de erro do modelo de correção de erros na forma de médias móveis estruturais no período  $i$ .

$\sigma_P^2$  Variância de  $n_i^P$

$\sigma_T^2$  Variância de  $n_i^T$

$Y_i$  Valor do vetor de variáveis observáveis no período  $i$  em uma equação de medida de um modelo descrito na forma de espaço de estados.

$A_i$  Matriz de coeficientes da variável de estado não observável no período  $i$  em uma equação de medida de um modelo descrito na forma de espaço de estados. É ela que relaciona as variáveis de estado não observáveis com as variáveis observáveis.

$\xi_i$  Valor do vetor de variáveis de estado não observáveis no período  $i$ .

$v_i$  Termo que representa o erro de medida da variável de estado não observável na equação de medida.

$G_i$  Matriz de coeficientes da equação de estado no período  $i$ , responsável por descrever a dinâmica da variável de estado não observável ao longo do tempo.

$w_t$  Vetor de choques aleatórios da equação de estado de um modelo descrito na forma de espaço de estados.

$\Delta p_{ji}$  Elemento  $j$  do vetor de preços escrito em primeira diferença no período  $i$

$\alpha_{ji}$  Elemento  $j$  no período  $i$  do vetor de coeficientes de ajustamento do modelo de correção de erros.

$p_{ji}$  Elemento  $j$  no período  $i$  do vetor de preços no período  $i$

$\beta_j$  Elemento  $j$  do vetor de coeficientes da relação de cointegração

$\delta_{j,k}$  Elemento  $j,k$  da matriz de coeficientes dos termos determinísticos da equação de medida do modelo de correção de erros descrito na forma de espaço de estados.

$v_{ji}$  Elemento  $j$  no período  $i$  do vetor de resíduos da equação de medida do modelo de correção de erros descrito na forma de espaço de estados.

$w_{ji}$  Elemento  $j$  no período  $i$  no vetor de resíduos da equação de estado do modelo de correção de erros descrito na forma de espaço de estados.



$\pi$  Matriz de coeficientes que acompanha o vetor de preços em nível no modelo de correção de erros. É possível escrever que  $\pi = \alpha\beta'$ .

## ***Introdução***

A observação da série histórica dos preços do petróleo mostra que a década de 2000 foi marcada por recordes em termos de preços nominais. Dados de BLOOMBERG (2011a) mostram que, sucessivamente, o preço do barril do Brent ultrapassou os US\$ 30, os US\$ 50 e os US\$ 100, aproximou-se dos US\$ 150 em seu auge em julho de 2008 e depois entrou em colapso durante a crise financeira global que se tornou mais severa no final daquele ano. Após o ano de 2008, o preço do barril do Brent entrou em nova trajetória de alta retomando um nível superior a US\$ 100 novamente no ano de 2011.

Ambos os movimentos de alta de preço mencionados no parágrafo anterior não resultaram de um choque no balanço entre oferta e demanda ou de um evento geopolítico específico. Diferente dos chamados “choques do petróleo” de 1973 e 1979 descritos em YERGIN (1991) e do “contrachoque” de 1986 descrito em MABRO (1987), a alta dos preços observada na década de 2000 desenrolou-se lenta e gradativamente, sem que seja possível atribuí-la a um evento específico. Após o colapso dos preços durante a crise econômica global, a alta do preço do Brent que se sucedeu também ocorreu de forma lenta e gradativa, sem que seja possível associá-la a um único evento específico.

Também ao longo da década de 2000, dados compilados em BLOOMBERG (2011c) e BLOOMBERG (2011d) mostram que foi possível observar uma aceleração no ritmo de crescimento do volume de transações e do número de participantes nas bolsas em que são negociados contratos futuros de petróleo. Além disso, houve um movimento de crescimento e sofisticação dos diversos tipos de derivativos associados ao petróleo e aos seus derivados, com o volume de barris transacionados nesses mercados sendo maior que a demanda física por petróleo em algumas ordens de

grandeza. CHEVALIER (2010) mostra que uma série de estudos foi realizada com o intuito de identificar a influência desses fatores financeiros sobre os preços do petróleo.

Esses estudos basearam-se em diversas metodologias distintas para tentar identificar a influência de fatores financeiros sobre o comportamento dos preços do petróleo. Estudos como o de SANDERS *et al.* (2004), CAVALCANTE (2007) e DOMANSKI E HEATH (2007) são exemplos de análises que buscaram relacionar o movimento dos preços do petróleo com as informações dos participantes do mercado futuro acessíveis através das séries de dados da Commodity Futures Trading Commission (CFTC). Uma revisão bibliográfica do uso desse tipo de metodologia pode ser encontrada em CHEVALIER (2010a). KAUFMANN (2011), em outra abordagem, investigou o tema por meio da aplicação de um modelo baseado apenas nos chamados “fundamentos do mercado” desenvolvido em DÉES *et al.* (2007). A hipótese de impacto dos fatores financeiros sobre os preços do petróleo poderia ser afastada caso o modelo baseado em “fundamentos” fosse capaz de explicar as flutuações dos preços. Um terceiro exemplo de abordagem para o problema pode ser encontrada no estudo de CIFARELLI E PALADINO (2009). Por meio da análise dos impactos provocados pelos retornos de outras classes de ativos sobre as flutuações do preço do petróleo, os autores buscam identificar evidência de um comportamento de otimização de portfólio por parte dos participantes desse mercado.

Embora não exaustiva, a lista acima apresenta um conjunto de exemplos que evidencia a ausência de um consenso sobre a melhor forma de testar a hipótese de existência ou não de um impacto da “especulação” sobre o comportamento dos preços do petróleo. Além disso, os resultados dos estudos acima mencionados, e de outros estudos citados dentro dessas referências bibliográficas, mostram a ausência de um consenso quanto à validade da hipótese de impacto da “especulação” sobre os preços do petróleo. Outro ponto importante é o fato de que a maior parte dos estudos

mencionados, independentemente da metodologia utilizada, concentra a sua análise no mercado de petróleo americano sempre utilizando dados referentes ao WTI e ao contrato futuro de Light Sweet Crude Oil da New York Mercantile Exchange (NYMEX).

MABRO (2009) afirma que a discussão entre os papéis dos “fundamentos” e da “especulação” no movimento dos preços do petróleo está impregnada com uma miríade de interesses dos diversos agentes atuantes no mercado de petróleo. Ademais, ele também afirma que na maior parte das discussões não há um consenso a respeito da adequada definição do termo “especulação”, que é usado com frequência de forma intercambiável com as ideias distintas de manipulação e financeirização. Como forma alternativa de tratar o mesmo tema, FATTOUH (2011) propõe uma abordagem diversa da dicotomia entre os “fundamentos” e a “especulação” para tratar da relação entre o preço do petróleo e os mercados financeiros. Em sua visão, o completo entendimento do nexó petróleo-financeiras depende da análise de três fatores: o comportamento dos agentes financeiros, a estrutura dos mercados de derivativos e os mecanismos que ligam as camadas físicas e financeiras dos mercados de petróleo.

A presente Dissertação apoiar-se-á nesse referencial teórico para analisar a relação entre o mercado de petróleo e o mercado financeiro e, a partir dessa análise, contribuir para a discussão a respeito dos fatores por trás do movimento recente dos preços do petróleo descrito no primeiro parágrafo. Dentre os três fatores citados anteriormente, o estudo dos mecanismos que ligam as camadas físicas e financeiras dos mercados de petróleo está intimamente relacionado com os objetivos da presente Dissertação.

Como objetivo, o presente trabalho busca identificar a relação entre as camadas físicas e financeiras dos dois principais *benchmarks* do mercado de petróleo na atualidade, a saber, o WTI e o Brent. Ao analisar essa relação será possível testar

a hipótese de que as camadas financeiras tornaram-se cada vez mais importantes no processo de determinação do preço do petróleo. Caso tal hipótese seja válida, será possível concluir que elementos inerentes aos mercados financeiros seriam os principais fatores por trás das flutuações dos preços. Segundo FATTOUH (2011), as expectativas dos agentes financeiros a respeito das variáveis que afetam o mercado de petróleo seria o principal desses elementos.

O referido objetivo pode ser entendido como uma parcela de um programa de pesquisa mais amplo, que busca identificar as razões por trás das flutuações observadas nos preços de petróleo. Dessa forma, a identificação da camada dominante terá o papel de direcionar os esforços a serem empreendidos para a execução desse programa de pesquisa. Tais esforços, contudo, compreendem um entendimento mais minucioso das características físicas do mercado de petróleo e uma compreensão mais ampla do setor financeiro no qual as camadas financeiras do mercado de petróleo se inserem e, por isso, estão além do escopo do presente trabalho.

Com isso, a contribuição almejada para a literatura sobre o assunto consiste em dois aspectos. O primeiro deles se dá através da identificação da principal camada do mercado de petróleo onde são determinados os preços. Além da conclusão a respeito das expectativas dos agentes, já mencionada no parágrafo anterior, a percepção de uma importância maior das camadas financeiras nesse processo será determinante para a possibilidade de inclusão em estudos futuros de todo o arcabouço teórico do comportamento das finanças globais como, por exemplo, os fluxos de capitais entre as diferentes classes de ativos e os impactos das políticas econômicas e regulatórias sobre os mercados financeiros. O segundo aspecto em que se busca contribuir para a literatura sobre o assunto reside na aplicação de uma análise mais detalhada do mercado de petróleo do Mar do Norte. Conforme descrito em MABRO *et*

al. (1986) este mercado possui um conjunto de peculiaridades e diferenças em relação ao mercado americano que tornam relevante a comparação entre eles.

Como metodologia para a verificação das hipóteses levantadas acima, a presente Dissertação utilizará uma derivação do modelo desenvolvido por GARBADE E SILBER (1983) para a identificação de, entre diversos mercados para um mesmo ativo, qual é o mais influente na determinação de preços. Essa derivação é resultado do estudo de GONZALO E GRANGER (1995), que conseguem, partindo da formulação do modelo de cointegração e correção de erros de ENGLE E GRANGER (1987), reproduzir as premissas e os resultados obtidos em GARBADE E SILBER (1983), produzindo um modelo equivalente. Aplicações dessa metodologia na literatura recente podem ser encontradas em FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2010) e SILVÉRIO E SZKLO (2012), por exemplo.

Com o intuito de acrescentar uma dimensão temporal ao teste de hipótese mencionado anteriormente, a presente Dissertação buscará estimar as medidas de influência das diferentes camadas de mercado na determinação de preços de forma variável no tempo. Para tanto, conforme é descrito em HAMILTON (1994), o modelo de cointegração e correção de erros deverá ser utilizado na forma de espaço de estados, com o intuito de tornar possível a aplicação do Filtro de Kalman e a estimativa dos parâmetros de interesse de forma variável no tempo. Na literatura, é possível observar a aplicação dessa metodologia nos trabalhos de FOSTER (1996) e CAPORALE *et al.* (2010). Esta Dissertação está organizada em quatro capítulos além desta introdução. O capítulo 1 tem o objetivo de descrever o surgimento do mecanismo atual de preços e explicar a existência de camadas físicas e financeiras de determinação de preço nos mercados em análise. O capítulo 2 tem o objetivo de definir o conceito de *Price discovery* e apresentar a metodologia, cuja descrição foi resumida nesta introdução. Esta metodologia será utilizada para testar a hipótese a respeito da contribuição de cada camada de mercado para a determinação dos

preços. O capítulo 3 apresentará os resultados dos testes econométricos sugeridos no capítulo 2 e uma discussão a respeito dos resultados, das suas implicações e da sua relação com a literatura já existente. O último capítulo, por fim, trará as conclusões e os principais desafios a serem transpostos na realização de estudos futuros.

# ***1 Histórico Recente da Formação de Preços no Mercado de Petróleo***

Este capítulo tem o objetivo de descrever como o objeto de estudo da presente dissertação, o mecanismo de determinação dos preços do petróleo, surgiu e quais são as suas principais características. Destaque especial será dado para as áreas dos Estados Unidos (EUA) e do Mar do Norte, que são os principais centros onde o petróleo é transacionado<sup>1</sup>. São essas áreas que estão organizadas em mercados físicos e financeiros de petróleo. E o objetivo da presente dissertação é exatamente determinar qual deles é o mais importante para explicar a trajetória do preço do petróleo.

Na próxima seção será realizada uma descrição da evolução na forma como o petróleo foi transacionado desde os anos 1960 até o final dos anos 1980, com o intuito de justificar a estrutura atual sob a qual ele é transacionado. A seção seguinte tratará do conceito de óleo marcador, mostrando as características que fazem com que uma dada corrente possa ser considerada como tal. Por último o capítulo conta com mais duas sessões para descrever os mercados dos dois principais óleos marcadores: WTI e Brent. A primeira delas irá descrever em detalhes o surgimento, as características e as peculiaridades do mercado do WTI enquanto a segunda realizará descrição similar para o Brent.

---

<sup>1</sup> Os mercados dos EUA e do Mar do Norte abrigam as principais bolsas de mercados futuro do mundo e os principais mercados físicos. O volume médio diário de transações, segundo dados de BLOOMBERG (2011c) e BLOOMBERG (2011d), ultrapassou os 660 milhões de barris por dia (660 mil contratos de mil barris cada) na NYMEX e os 372 milhões de barris dia (372 mil contratos de mil barris cada) na Intercontinental Commodity Exchange Europe (ICE Europe). Com relação aos mercados físicos, dados de BP (2011) mostram que os EUA e a Europa, somados, representaram cerca de 35% do consumo global de petróleo em 2010.



## **1.1 Histórico do mercado global de petróleo 1960 – 1990**

A formação do mercado de petróleo como é conhecido hoje foi o resultado de sérias transformações estruturais ocorridas no mercado de petróleo desde a década de 1960. Ao alterarem a distribuição geográfica das reservas e da produção de petróleo e modificarem o balanço de poder entre produtores e consumidores, tais transformações demandaram alterações significativas no mecanismo de formação de preço do petróleo e nos tipos de contratos utilizados para a sua comercialização.

Conforme descreve YERGIN (1991), até os anos 1960 e início dos anos 1970, a cadeia de suprimento da indústria petrolífera era dominada por um grupo restrito de grandes empresas internacionais. Empresas como a Royal Dutch Shell, a British Petroleum e a Standard Oil of New Jersey (posteriormente conhecida como Exxon), tinham como principal característica o elevado grau de integração de suas cadeias de suprimento de petróleo. Gozando de concessões vantajosas para a exploração e produção de petróleo nos principais países detentores de reservas de petróleo<sup>2</sup> e de elevada participação nos grandes mercados consumidores dos países europeus a maior parcela da movimentação da produção de petróleo estava restrita aos sistemas internos de distribuição dessas companhias.

Em face dessa estrutura, MABRO (1984) mostra que o preço do petróleo relevante nessa época não possuía as funções alocativas que são normalmente atribuídas aos preços em mercados competitivos. Os chamados “preços postados”,

---

<sup>2</sup> Nessa época, a maior parte dos países do Golfo Pérsico como a Arábia Saudita, o Kuwait e o Irã tinha a sua produção de petróleo sob responsabilidade das empresas internacionais de petróleo, que operavam nessas nações sob o regime de concessão. Por terem sido firmados quando as nações européias possuíam elevada influência nesses países em função de suas políticas coloniais, as empresas conseguiram termos favoráveis nesses contratos (YERGIN, 1991).

que teoricamente seriam uma medida do valor do petróleo extraído pelas empresas e entregue aos seus próprios sistemas de distribuição, possuíam uma função prática bastante clara: eles eram utilizados para o cálculo dos impostos e dos *royalties* devidos pelas concessionárias aos governos dos países-sede de suas concessões. Dessa forma, ao invés de responder a interações de mercado e a variações de demanda e oferta, os preços de petróleo eram uma variável importante na negociação entre os estados detentores de reservas e as empresas a respeito da repartição das rendas extraordinárias da cadeia petrolífera.

MABRO (2005) mostra que nesse período as transações de petróleo em mercados *spot*, mais similares ao que podemos observar hoje, eram bastante incipientes e insuficientes para produzir informações de preços que pudessem ser utilizadas para as definições dos tributos nas negociações entre empresas e Estados. A ENERGY INTELLIGENCE (2011b) afirma que, nesse período, a principal função dos mercados *spot* era a de permitir às empresas corrigir erros de planejamento. Ou seja, caso uma empresa precisasse de uma quantidade de cargas além do planejado, ela poderia entrar em transações com empresas que, por algum motivo, pudessem disponibilizar alguma carga extra para venda.

Dessa forma, de fato, não existia a necessidade de um mercado *spot* para a transação de petróleo. Todas as movimentações ocorriam dentro dos sistemas internos das empresas e de forma esporádica entre duas ou mais empresas. Em se tratando desse estado de coisas, dois marcos serão portadores das mudanças estruturais ocorridas nos anos 1970 e 1980, um deles relacionado à configuração institucional e o outro relacionado a um avanço técnico (MABRO, 2005).

Do ponto de vista institucional, no ano de 1960 foi criada a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (doravante OPEP) e inaugurado um movimento nesses países de busca por uma fatia maior da renda petrolífera. Pressões sobre os

concessionários por alterações nos termos dos contratos, elevações unilaterais de preços e a busca por participação nos consórcios constituídos para a exploração e produção do petróleo foram alguns dos expedientes utilizados por esses países na década de 1960 para angariar maior controle sobre seus recursos e obter uma parcela maior da riqueza. A entrada de empresas independentes de E&P na Líbia e em outros países da região, com termos contratuais mais favoráveis para os países anfitriões foi uma contribuição importante para a pressão sobre as *majors* (YERGIN, 1991 e MABRO, 1984).

As condições de mercado da época apontavam, conforme mostram os dados de BP (2011), para um aumento da demanda global por petróleo a taxas superiores aos 5% ao ano entre 1965 e 1973. A figura 1, a seguir, mostra a taxa de variação da demanda global por petróleo no período. Na mesma base de dados, é possível observar que a participação da OPEP na produção mundial de petróleo foi crescente no mesmo período, saltando de 43,8% em 1965 para 51,2% em 1973.

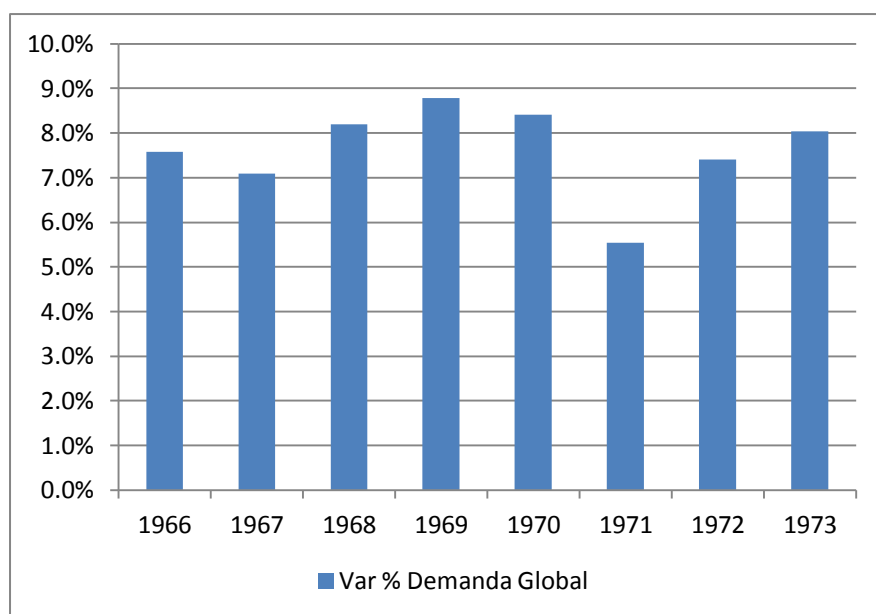


Figura 1 Variação Percentual da Demanda Global por Petróleo no período 1966-1973 (BP, 2011)

A figura 2 mostra a fatia de mercado (*market share*) da OPEP na produção global de petróleo entre 1965 e 1973. Com essa tendência de mercado, o poder de barganha dos países da OPEP tornou-se cada vez maior, alimentando o movimento de questionamento dos contratos. Em paralelo às condições de mercado, HOURANI (2006) e YERGIN (1991) mostram que no plano político foi possível observar a ascensão de governos de orientação mais nacionalista em grande parte dos países da Organização, fato que reforçou a busca por controle e participação nas riquezas petrolíferas. Toda essa pressão atingiu o seu estágio final com os movimentos de nacionalização da indústria petrolífera nesses países no final dos anos 1960 e no início dos anos 1970.

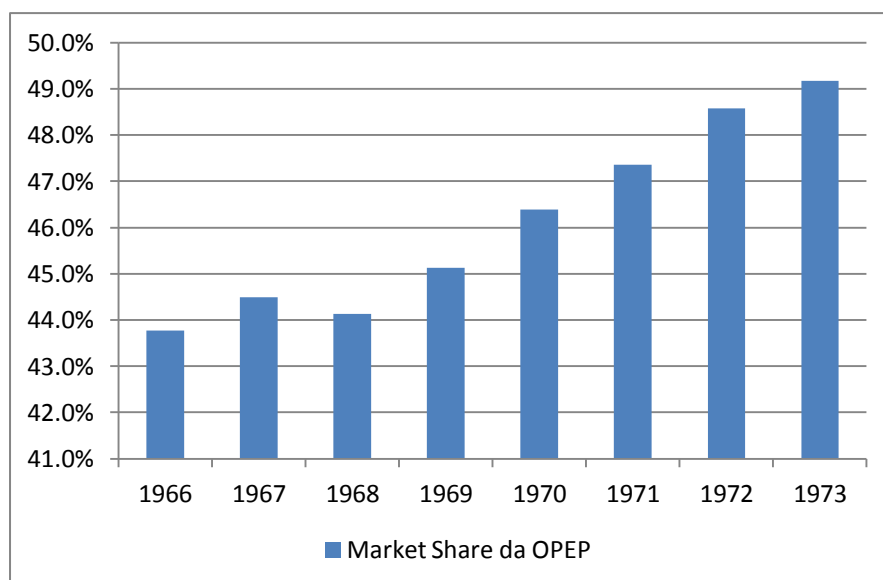


Figura 2 *Market Share* da Organização dos Países Exportadores de Petróleo no período 1966-1973 (%) (BP, 2011)

Em virtude desses movimentos, os países anfitriões das empresas concessionárias assumiram gradativamente o controle sobre as operações das *majors* dentro de seus territórios, passando a ter um controle maior sobre os preços praticados, sobre os volumes produzidos e, por consequência, sobre as receitas resultantes da atividade petrolífera. A importância da nacionalização para o tema em

questão reside no fato de que ela quebrou a cadeia de suprimento das grandes *majors* levando para o mercado transações outrora realizadas dentro de seus sistemas de distribuição.

MABRO (1984) mostra que, com a nacionalização, o regime de preços foi mudando gradativamente ao longo dos anos 1970, sempre com a substituição de transações realizadas internamente às empresas por transações realizadas externamente em mercados competitivos. Os países defrontaram-se com o problema de administrar preços diferentes para os concessionários dentro dos contratos de concessão, preços para vender os volumes próprios para os mesmos concessionários e preços praticados para vendas com terceiros. Com o choque do petróleo de 1973, os desequilíbrios intensificaram-se ainda mais. Apenas em 1975, os países unificaram os diferentes preços praticados ao redor da figura dos Government Selling Prices (GSPs), que eram definidos pelos membros da OPEP em suas reuniões mensais e praticados para a venda de petróleo para concessionários<sup>3</sup> e terceiros. Assim, em paralelo, com a desintegração da cadeia e a diversificação dos agentes na indústria, os mercados *spot* desenvolveram-se de forma mais acelerada. MABRO (1984) afirma que o chamado mercado de Roterdã era a principal praça para negociação de cargas *spot* de petróleo.

Do ponto de vista técnico, as descobertas de petróleo realizadas fora dos países da OPEP foram o segundo grande fator por trás da ascensão dos mercados *spot*. Descobertos no final dos anos 1960 e no começo dos anos 1970, os principais campos de petróleo *offshore* do Mar do Norte foram responsáveis por importante concorrência ao poder de mercado dos países da OPEP. Por ser uma região de acesso mais difícil e exigir técnicas mais avançadas, o sucesso da produção do Mar

---

<sup>3</sup> Nesse momento, poucos eram os países onde as empresas concessionárias ainda detinham algum grau de participação da produção. Contudo, após a nacionalização, essas empresas ainda eram as principais detentoras de acesso aos grandes mercados da Europa e dos EUA. Logo elas continuavam sendo grandes clientes dos países da OPEP.

do Norte<sup>4</sup> foi fruto de uma combinação entre avanços tecnológicos, o incentivo econômico representado pelos preços do petróleo em alta após 1973 e o imperativo político/estratégico representado pela gradativa perda de poder das empresas internacionais nos países da OPEP (MABRO E HORSNELL, 1994 e MABRO *et al.*, 1986).

Esse avanço contribuiu para o desenvolvimento dos mercados *spot* em duas dimensões principais, a primeira delas de forma mais direta, enquanto a segunda pode ser entendida como uma consequência secundária, porém não menos importante. Na primeira dimensão, os novos volumes do Mar do Norte não eram resultado do esforço de uma única empresa, mas sim de um grupo que envolvia tanto empresas *majors* quanto independentes. Dessa forma, a posse do petróleo era razoavelmente diversificada e nem todas as companhias gozavam de uma cadeia de suprimento adequadamente integrada que as permitisse prescindir de vender sua produção no mercado *spot*. O mercado do petróleo Brent, que será discutido em mais detalhes em seção posterior, começa a desenvolver-se por volta de 1981, como fruto das atividades dessas empresas (MABRO, 1984).

A segunda dimensão corresponde ao papel que a nova produção de petróleo do Mar do Norte teve para o mercado de petróleo em um contexto mais amplo de mudança na estrutura do mercado de petróleo e de redução do poder da OPEP. No início dos anos 1980, a crise econômica global de 1981 e as políticas energéticas adotadas pelos principais países consumidores em virtude da alta de preços decorrente dos choques de 1973 e 1979 provocaram uma redução do ritmo de expansão da demanda por petróleo<sup>5</sup>, que foi consideravelmente inferior ao observado

---

<sup>4</sup> Segundo dados de BP (2011), a produção combinada do Reino Unido e da Noruega, países que dividem as áreas de exploração do Mar do Norte, saltou de 45 mil barris por dia em 1974 para 2,191 milhões de barris dia em 1980, com destaque para o Reino Unido, que respondia por 76% desse montante.

<sup>5</sup> Conforme mostra BIELECKI (2002), a Agência Internacional de Energia foi criada em 1974 com diversos objetivos ligados à segurança energética de seus membros, dentre eles, a atuação em nível internacional buscando reduzir a dependência das importações de petróleo

no período 1965 – 1973. A figura 3, com dados de BP (2011), mostra a taxa de crescimento anual da demanda entre 1965 e 1984.

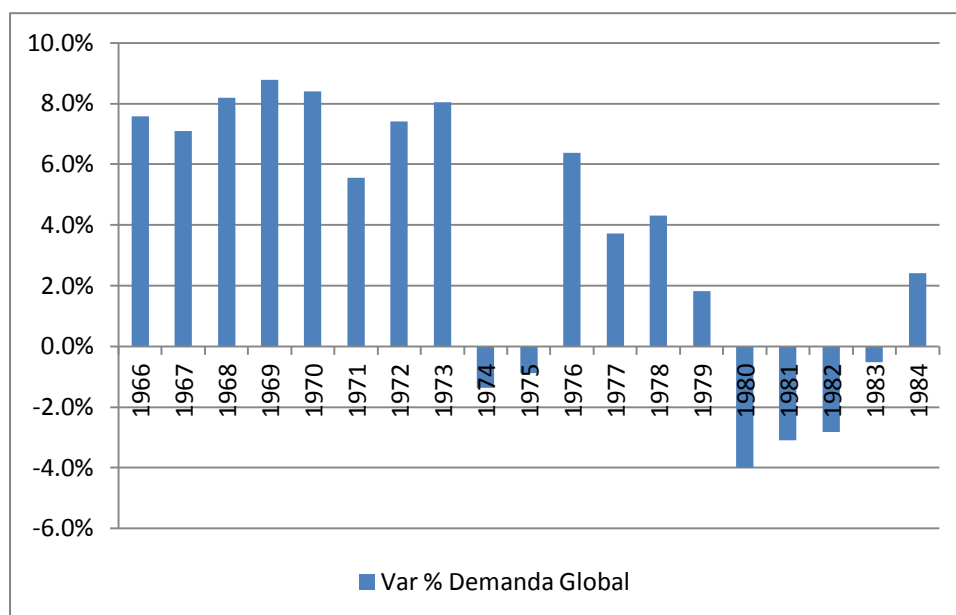


Figura 3 Variação Percentual da Demanda Global por Petróleo no período 1966-1984 (%) (BP, 2011)

A necessidade de conciliar o menor ritmo de expansão da demanda com uma oferta crescente de petróleo produziu um ambiente competitivo desfavorável para os produtores de petróleo. Como os produtores do Mar do Norte gozavam de uma vantagem competitiva decorrente de sua proximidade dos mercados consumidores, os produtores da OPEP tiveram de optar entre uma política de manutenção dos preços em patamares elevados ou uma política de concorrência com os novos produtores, fato que certamente levaria a uma redução acentuada dos preços (MABRO, 1984).

A posição dentro da OPEP, contudo, foi marcada por divergências. Apesar de um acordo adotado entre todos os membros para a persecução de uma estratégia de manutenção dos preços mais elevados, apenas a Arábia Saudita enfrentou os custos

---

de seus países membros através de políticas de substituição do seu consumo e ampliação doméstica da produção. Para maiores informações sobre essas políticas e os seus resultados, ver SCHIPPER (2002), GREENE *et al.* (1998) e GREENE (2010). Para uma descrição das medidas adotadas pelo Brasil nesse mesmo contexto, ver ARAÚJO E GHIRARDI (1987).

de cortar a sua produção para defender a estratégia. Os outros países membros, demonstrando uma atitude competitiva, atuaram como “caronas” da Arábia Saudita, pouco ou nada contribuindo com a redução de produção e, por conseguinte, maximizando as suas receitas petrolíferas no curto prazo (YERGIN, 1991). O insucesso da estratégia da OPEP pode ser observado na figura 4 que mostra como os preços do petróleo mantiveram uma trajetória sustentada de queda desde 1980. A figura 5, por sua vez, mostra o decréscimo da produção saudita em comparação com os outros países da OPEP, evidenciando o fato de que o reino arcou com a maior parcela dos custos decorrentes da política da OPEP.

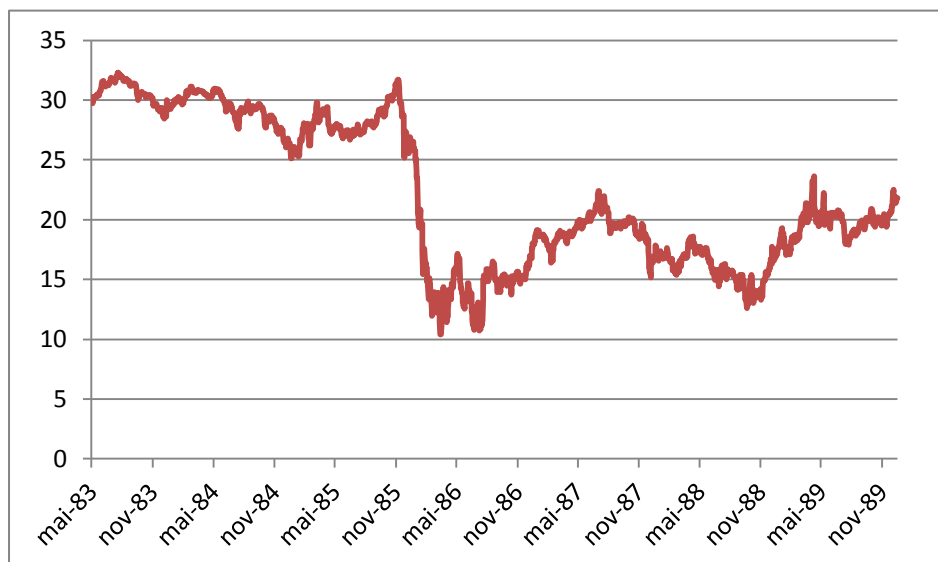


Figura 4 Preços do WTI no período 1983 - 1989 em US\$/bbl (BLOOMBERG, 2011a)



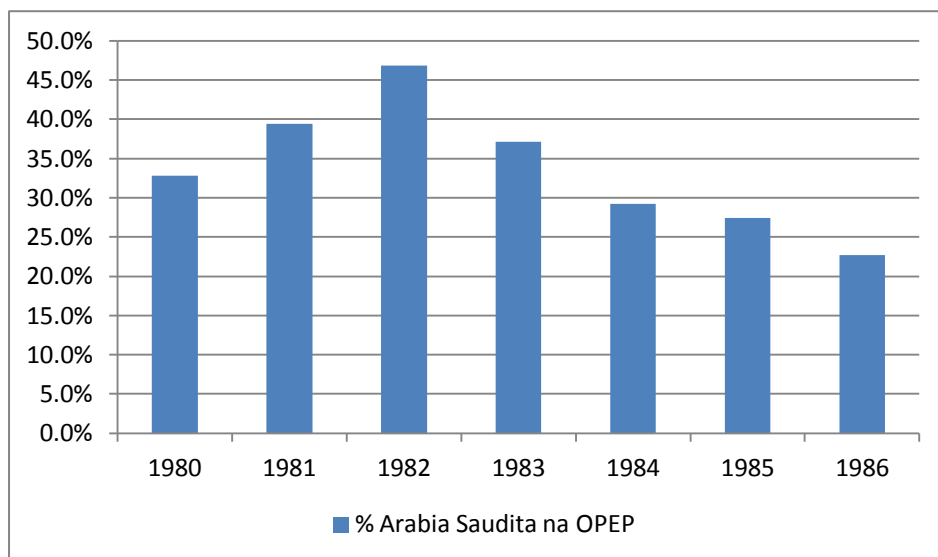


Figura 5 Participação da Arábia Saudita na produção total da OPEP (%) (BP, 2011)

Os países membros da OPEP, ao adotarem uma postura competitiva e desrespeitarem os acordos do grupo, contribuíram com o crescimento dos mercados spot em dois momentos do período. No primeiro deles, o momento de alta de preços de 1979 e 1980, FATTOUH (2011) mostra que os países da OPEP (com exceção da Arábia Saudita) restringiram a venda de petróleo em seus contratos de longo prazo e desviaram esses volumes para o mercado spot em uma tentativa de conseguir preços mais elevados do que os oficiais. No segundo momento, na trajetória de declínio pós-1981, o ambiente competitivo resultante da combinação entre a alta da produção fora da OPEP e a queda da demanda fez com que os países da OPEP (novamente com exceção da Arábia Saudita) buscassem os mercados spot para poderem aplicar descontos de preços e evitarem uma queda ainda mais acentuada dos volumes vendidos, em uma tentativa de proteger as receitas petrolíferas. Em função desses desenvolvimentos, a pressão sobre as receitas fiscais da Arábia Saudita atingiu um ponto insustentável para o país. Com isso, fez-se necessário que o país tomasse uma atitude para reverter esse quadro (MABRO, 1987).

A ação da Arábia Saudita no ano de 1986 teve como objetivo recapturar o *market-share* perdido nos últimos anos em decorrência da sua tentativa de defender

os preços oficiais da OPEP. Para a venda de seus volumes de petróleo, o reino adotou contratos com precificação baseada em *netback*, que em resumo, eram contratos que garantiam a rentabilidade do refinador, ao atrelarem os preços do petróleo aos preços dos derivados<sup>6</sup>. Tal postura teve duas consequências importantes para o mercado de petróleo. A primeira delas corresponde ao cumprimento do objetivo da Arábia Saudita de retomar a sua produção de petróleo e recuperar participação no mercado. A segunda é tida como um efeito colateral dessa política. Em função da concorrência, esse tipo de contrato logo se difundiu na indústria criando um ambiente extremamente favorável e de incentivo à maximização da capacidade utilizada pelos refinadores. O excesso de oferta de derivados em função da alta utilização resultou em um decréscimo dos seus preços e, por conseguinte, um decréscimo acentuado nos preços do petróleo. Em 1986, conforme também é possível visualizar na figura 4, os preços do petróleo atingiram o nível mais baixo da década, no que ficou conhecido como o “contra-choque” de preços do petróleo (MABRO, 1987).

O colapso dos preços, conforme mostra FATTOUH (2011), resultou em um rápido abandono do sistema de precificação via contratos de *netback*. Com o fim dos preços administrados pela OPEP e dos contratos de *netback*, os principais mecanismos de determinação de preços de petróleo disponíveis na época eram os mercados competitivos do Mar do Norte e dos EUA. Ainda em 1986, a divisão de trading da PEMEX, desenvolveu um modelo de contrato baseado na aplicação de uma fórmula para a venda das suas exportações para os EUA. Essa fórmula consistia na adoção de uma média ponderada de um grupo de referências de preços somada a um diferencial absoluto. Com esse modelo contratual, o preço das exportações mexicanas passou a ser definido, de forma significativa, pelo ambiente competitivo dos EUA e, em parte, pela política comercial da equipe de *trading* da PEMEX, responsável pela definição do diferencial aplicado.

---

<sup>6</sup> Para maiores informações sobre os contratos de *netback* ver MABRO (1984) e MABRO (1987).

Com base no relativo sucesso da experiência da PEMEX, na falência dos mecanismos de precificação anteriores e no consenso ideológico de que também o petróleo deveria ter os seus preços definidos pelo mercado, FATTOUH (2011) mostra que a precificação do petróleo baseada em fórmulas rapidamente se difundiu pela indústria, tornando-se o elemento central da formação de preços a partir dos anos de 1987 e 1988. Por serem os mercados competitivos de petróleo mais desenvolvidos e por estarem localizados em áreas onde, teoricamente, o barril marginal de petróleo era negociado, os petróleos Brent (Mar do Norte) e WTI (EUA) tornaram-se as principais referências para as fórmulas de precificação do petróleo ao redor do mundo.

## **1.2 Os petróleos marcadores: Brent e WTI**

Em virtude da trajetória evolutiva do mercado de petróleo descrita na seção anterior, as características e funções dos petróleos marcadores tornaram-se vitais para o funcionamento do mecanismo de determinação dos preços de petróleo. Por petróleo marcador, entende-se que são aquelas correntes<sup>7</sup> de petróleo cujo preço, dada sua ampla visibilidade, é utilizado com frequência como referência para as fórmulas de preços de outras correntes transacionadas no mercado. Dentre os petróleos transacionados no mundo, o Brent e o WTI tornaram-se os principais marcadores globais. A obtenção desse status por ambos tem relação com a estrutura global do mercado no início dos anos 1980 e com características estruturais dos mercados em que eram transacionados (ENERGY INTELLIGENCE, 2011b).

---

<sup>7</sup> Uma corrente de petróleo corresponde a um fluxo de petróleo com características de qualidade (grau API, teor de enxofre, acidez e etc) relativamente estáveis ao longo do tempo. Usualmente correspondem à produção de um único campo, contudo, caso essas características sejam similares entre mais de um campo, os seus volumes produzidos podem ser agregados em uma única corrente. A corrente de Brent é um exemplo disso. No início dos anos 1990 a produção dos campos Brent e Ninian foi agregada em uma única corrente de nome Brent Blend (ENERGY INTELLIGENCE, 2011b).

Do ponto de vista da estrutura do mercado global, os mercados para o Brent e para o WTI representavam as duas principais praças consumidoras de petróleo do mundo. A figura 6, a seguir, mostra que os EUA e a Europa Ocidental eram responsáveis por mais da metade do consumo de petróleo no início dos anos 1980. Dito isso, é possível afirmar que eventos de escassez e excesso de petróleo no mercado global seriam prontamente refletidas nesses dois mercados. Em consequência disso, portanto, é possível concluir que os preços gerados nesses mercados seriam uma *proxy* adequada para um preço “global” de petróleo.

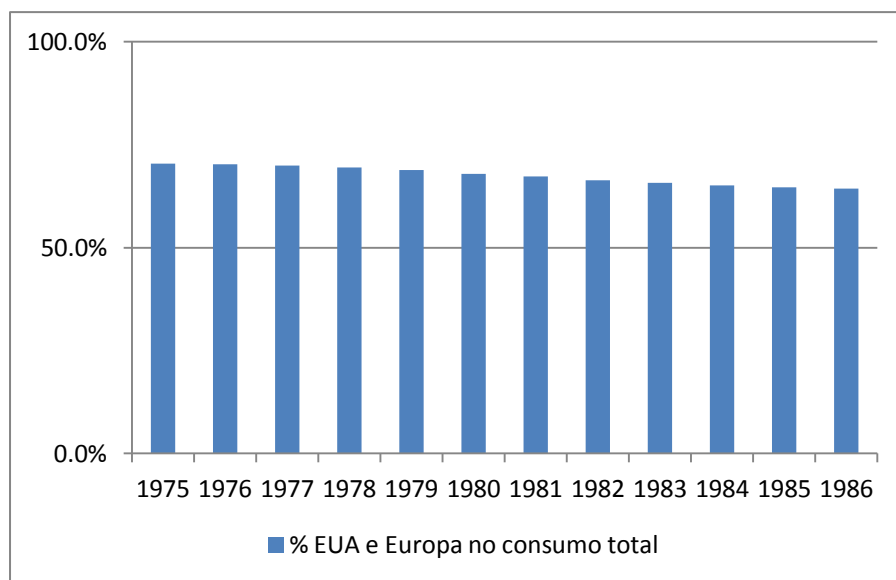


Figura 6 Participação dos EUA e da Europa no consumo global de petróleo no período 1975 - 1986 (%) (BP, 2011)

Analisando as características microeconômicas da estrutura dos mercados *spot*, é possível observar um conjunto de características que permitia o seu bom funcionamento e, por conseguinte, fortalecia o seu papel como referência de preços. MABRO E HORSNELL (1994) afirmam que a diversidade de ofertantes e demandantes nesses mercados, ao impedir elevada concentração de poder nas mãos de um grupo pequeno de agentes, seria a característica necessária para que um mercado se tornasse referência de preços. Além da baixa concentração, fazia-se

necessário que o mercado apresentasse um grau elevado de liquidez. Para esse objetivo, a diversidade de demandantes e ofertantes seria um fator significativo. Contudo, era importante que a base física de produção fosse alta, fator que ampliaria a disponibilidade de cargas disponíveis para serem negociadas, ampliando o número de transações e, conseqüentemente, a liquidez.

Outro item importante da estrutura de funcionamento de qualquer mercado competitivo diz respeito ao fluxo das informações entre os agentes. As informações a respeito de quantidades disponíveis e preços praticados nas transações realizadas precisam ser razoavelmente difundidas entre os participantes do mercado para que este funcione bem. Ao descrever o paradigma teórico extremo da concorrência perfeita, VARIAN (2006) afirma que, dentre outras características, os participantes de um mercado precisam ter acesso a todas as informações necessárias a um custo desprezível para que a concorrência seja perfeita. Nos mercados *spot* de petróleo, as transações são realizadas entre os agentes em caráter bilateral e muitas delas têm os seus detalhes omitidos em virtude das políticas comerciais de cada um. FATTOUH (2011), ao descrever o mecanismo de funcionamento desses mercados, atribui um papel fundamental às agências de *price reporting*<sup>8</sup> (PRAs na sigla em inglês). As PRAs garantiriam o fluxo de informações entre os agentes, na medida em que auxiliam compradores a encontrarem vendedores, e, ao coletarem informações sobre os preços das transações, elas conseguem prover ao mercado uma percepção a respeito do nível de preços que está sendo praticado naquele período.

Apesar das características que favoreceram a sua ascensão, os mercados *spot* não foram suficientes para atender as necessidades dos participantes do mercado mundial de petróleo. Os riscos decorrentes da dimensão temporal das transações e

---

<sup>8</sup> No mercado de petróleo as agências dominantes são a Argus e a Platts. Normalmente são elas que desenvolvem e difundem regras para esses mercados com o intuito de zelar pelo seu funcionamento e facilitar o processo de coleta das informações de preços (FATTOUH, 2011).

das flutuações diárias dos preços do petróleo nesses mercados aliados em um primeiro momento à necessidade de garantir uma elevada liquidez fizeram com que os agentes demandassem novos instrumentos e mercados para gerir e transacionar esses riscos (FATTOUH, 2011). É essa necessidade que justificou autores como GARBADE E SILBER (1983) a pontuarem que as duas principais funções de um mercado futuro ou *forward*<sup>9</sup> seriam a transferência de risco e a provisão de liquidez para auxiliar na determinação dos preços.

No que diz respeito à dimensão temporal das transações, a importância desse fator decorria da necessidade de se transportar o petróleo por longas distâncias. Uma carga enviada do terminal de Ras Tanura na Arábia Saudita para o porto de Roterdã na Holanda pode, por exemplo, demorar um período superior a dois meses em trânsito. A conjugação entre esse tempo elevado de viagem e a dinâmica dos mercados *spot* de petróleo, onde os preços mudam a cada dia, produziu um alto grau de risco para os participantes desse tipo de transação. Dentro desse período de trânsito, a posição da data de determinação do preço da transação seria responsável por distribuir o risco de preço da transação entre o comprador e o vendedor. A necessidade de proteção por parte do agente detentor da maior parcela do risco motivou o surgimento de mercados futuros e *forward* com cotações de preços para 1 a 6 meses à frente. Ao existir uma cotação para o preço do petróleo hoje e para alguns meses à frente, os agentes envolvidos em compra e venda de petróleo poderiam proteger-se de antemão contra flutuações no valor da carga transacionada durante o seu tempo de trânsito. Com isso, esses mercados desenvolveram-se rapidamente, quase que em paralelo aos mercados *spot* (ENERGY INTELLIGENCE, 2011b).

No que diz respeito à liquidez, os mercados *forward* e futuro ganharam impulso por apresentarem liquidez superior aos mercados *spot* dos quais derivavam. Estes

---

<sup>9</sup> Conforme destacam KOLB E OVERDAHL (2007), os mercados *forward* e futuro são similares na medida em que neles são transacionados volumes de petróleo com antecedência de alguns meses à frente. As diferenças entre eles serão detalhadas na seção 1.4.

mercados spot ao longo do tempo apresentaram redução na sua liquidez, em função do declínio da produção das principais correntes, neles, transacionadas. Em paralelo com as tentativas de restaurar a liquidez com alterações nas definições das correntes utilizadas para conseguir cada vez mais volume, os mercados futuros tornaram-se importante fonte de informação a respeito do estado geral do mercado, auxiliando a determinação dos preços praticados (HORSNELL, 2000).

Dessa forma, os mercados para os petróleos marcadores organizaram-se ao redor de diversos instrumentos. Convivem de forma harmoniosa e complementar os preços *spot*, *forward* e futuro para diferentes meses de maturidade, em ambos os principais marcadores, o Brent e o WTI. Nas duas seções subsequentes serão descritos os históricos evolutivos desses dois mercados, com destaque para as características dos principais instrumentos de negociação em cada um deles e a sua respectiva importância.

### ***1.3 Evolução e Características do Mercado dos Estados Unidos da América: o WTI***

Conforme descrito em PURVIN & GERTZ (2010), o mercado de petróleo spot nos EUA tornou-se relevante apenas no início dos anos 1980, graças à remoção dos controles de preços vigentes desde os anos 1970. Conforme destaca SMITH (1986), tais controles de preços foram instituídos em virtude do embargo comercial dos países árabes de 1973 e afetaram toda a produção de petróleo vigente à época. Apenas a produção oriunda de poços perfurados após 1973 possuía preços liberados, fato que resultava em diferentes camadas de preços para a mesma commodity. Além dos controles de preços, o país ainda contava com cotas de importação desde o início dos anos 1970, fator que desconectava os preços domésticos do petróleo dos preços do resto do mundo.

Ainda segundo SMITH (1986), esses controles vigoraram ao longo de toda a década de 1970, sendo transformados em lei pelo Emergency Petroleum Allocation Act (EPAA) ainda no ano de 1973. No ano de 1975, o EPAA expira e inicia-se um processo gradual de desregulamentação dos preços e de aplicação do controle governamental através de um aumento da taxaço sobre as empresas. Esse movimento culmina em 1981, com o encerramento total de todos os controles sobre os preços e a liberalização do mercado americano de petróleo.

Segundo PURVIN E GERTZ (2010), é essa liberalização e a consequente unificação dos preços que permite a commoditização do WTI e o surgimento de um mercado spot para a negociação de petróleo nos EUA. É apenas nesse momento que as Price Reporting Agencies (PRAs) iniciam seus serviços de coleta de informações sobre as transações no mercado de petróleo americano, fomentando o fluxo de informações entre os agentes e favorecendo o desenvolvimento desse mercado.

Posteriormente, em 1983, a NYMEX lança um contrato futuro para a negociação de petróleo nos EUA que apresenta, segundo CHASSARD E HALLIWELL (1986), alta taxa de crescimento em seus primeiros anos. KOLB E OVERDAHL (2007), por sua vez, afirmam que o sucesso de um contrato futuro de uma determinada commodity depende de um conjunto de fatores, dentre os quais é possível destacar a existência de um mercado spot com grande base física entregável e a existência de contratos futuros de outros produtos relacionados à commodity para a qual o contrato está sendo desenvolvido.

É possível mostrar que o contrato futuro de Light Sweet Crude Oil lançado pela NYMEX atendia a esses requisitos. Dados de BP (2011) mostram que o mercado americano de petróleo era o maior do mundo, representando 30% da demanda mundial no final dos anos 1970. Ao ser removida a barreira representada pelo controle de preços, rapidamente organizou-se um mercado spot de petróleo de grandes



proporções. Com relação à base física, apesar de ser inferior a produção dos países árabes da OPEP, dados de DOE (2011) mostram que a produção de petróleo *onshore* do país no início dos anos 1980 era de cerca de 7 milhões de barris por dia, volume capaz de representar uma importante base física para a formação de um contrato futuro. Por último, data de 1979 a existência de um contrato futuro para o Heating Oil, também negociado na NYMEX. Conforme destacam CHASSARD E HALLIWELL (1986), existia a possibilidade de, utilizando os dois contratos, transacionar o spread entre o petróleo e um de seus derivados mais importantes. Com isso surgiam possibilidades de desenvolvimento de estratégias de *hedge* a partir de ambos os contratos, contribuindo para o crescimento do mercado de ambos.

Após o surgimento do mercado spot para o WTI em virtude da remoção do controle de preços e da criação do contrato futuro, o colapso dos preços de 1986, conforme mostra PURVIN E GERTZ (2010), é um evento fundamental na formação do mercado americano de petróleo na medida em que torna mais direta a sua conexão com o mercado global de petróleo. Até o ano de 1985, a produção doméstica de petróleo dos EUA na região do Meio Oeste era suficiente para suprir o refino local e abastecer as plantas da área do Golfo do México. Razoável parcela dessa produção, contudo, era dependente das chamadas *stripper wells*. As *stripper wells* eram poços de petróleo de baixíssima produção, que por existirem em grande número nessa região, representavam parcela considerável do volume total. Dada a sua rentabilidade menor, grande parcela da produção tornou-se inviável economicamente com o colapso de preços e precisou ser interrompida através do fechamento dos poços.

Explicitando isso, dados de PURVIN E GERTZ (2010) mostram que, do total de 625.000 poços de petróleo em produção em 1985, 25.000 foram fechados apenas em 1986. O número total de poços fechados até 1990, por sua vez, atingiu a faixa dos 45.000. Em termos de produção esse número representou a perda de cerca de 1,5 milhões de barris por dia, que foram parcialmente recuperados pelo aumento da

produção do campo de Prudhoe Bay no Alasca. Esse movimento de redução da produção e o aumento da demanda em virtude da recuperação da economia fizeram com que a região do Golfo do México precisasse importar volumes cada vez maiores de petróleo para atender as suas necessidades. Esse influxo de petróleos importados resultou na alteração dos fluxos internos de petróleo nos EUA, sendo necessária a reversão de dutos entre a região do Golfo do México e o Meio Oeste.

A maior conexão do mercado americano com o mercado global fica visível nesse ponto. O aumento do volume de óleos importados na região do Golfo e a alteração na logística permitem que o contrato futuro de petróleo aceite a entrega de petróleos importados de características similares aos nacionais. Tal alteração tem dois efeitos importantes: a ampliação da base física do contrato futuro e o aumento da importância das informações a respeito do balanço global de petróleo para a formação dos preços dentro dos EUA.

Outro ponto que aprofunda a conexão do mercado americano com o mercado global de petróleo é a sua utilização como referência para fórmulas de preços, fenômeno já indicado na seção anterior. O sucesso desse tipo de contrato cria um novo incentivo para a negociação do WTI e do seu referido contrato futuro, que se amplia em virtude da necessidade de *hedge* por parte de um número maior de agentes.

Depois do período inicial de desenvolvimento nos anos 1980, o mercado americano de petróleo ao longo das décadas de 1990 e 2000 foi marcado por alguns movimentos importantes. O primeiro deles diz respeito à evolução de sua base física de produção de petróleo. Dados da ENERGY INTELLIGENCE (2011b) mostram que a produção de petróleo WTI mostrou contínuo declínio. Em 1998, o volume produzido era de cerca de 700 mil barris por dia. Em 2000 esse volume declinou para a faixa dos 500 mil barris por dia. Ao longo da década de 2000 o movimento de queda continuou,

fazendo com que a produção chegasse abaixo dos 300 mil barris por dia em 2009. Esse resultado mostra um declínio da base física do mercado do petróleo WTI e consequentemente, é um forte indicativo da redução de sua liquidez.

É também na década de 2000 que o WTI começa a mostrar preços divergentes do mercado internacional em intensidade cada vez maior e por períodos de tempo cada vez mais prolongados. PLATTS (2009) afirma que a volatilidade no diferencial entre o WTI e outros petróleos do mundo suscitou questionamentos a respeito da sua validade como referência para um mercado global de petróleo. A figura 7, a seguir, mostra a relação entre os preços do Brent e do WTI nos últimos 10 anos. As flutuações do diferencial de preços entre eles foram tornando-se cada vez mais intensas, culminando com o período prolongado de separação iniciado em 2011.

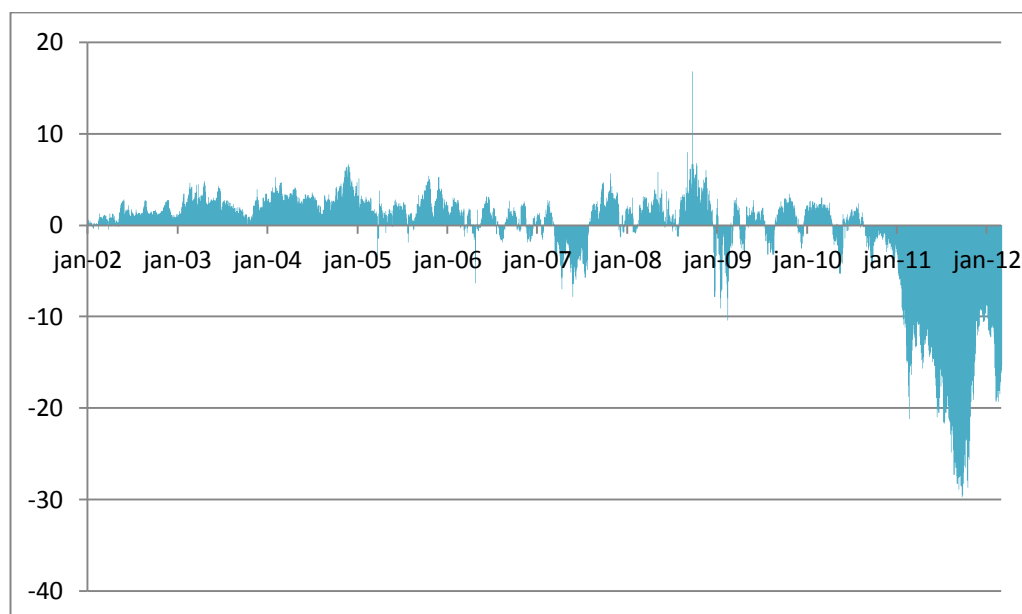


Figura 7 Diferença WTI - Brent no período 2002-2012 (US\$/bbl) (BLOOMBERG, 2011b)

PLATTS (2009) argumenta que, de forma oposta ao movimento de aumento da conexão do mercado americano com o mercado global observado nos anos 1980, nos últimos anos, o mercado americano tem se tornado menos conectado com o mercado global de petróleo, principalmente no que tange à região do Meio Oeste (onde está o

mercado para o WTI). Entre as principais razões para esse fato é possível citar os entraves logísticos ao fluxo de petróleo na região, acrescidos de uma elevação recente da produção doméstica e do volume de importações provenientes do Canadá.

Do ponto de vista logístico, o principal entrave está na capacidade de escoamento do petróleo da região do Meio Oeste dos EUA para outras áreas, principalmente o Golfo do México. Observando a configuração dos dutos na região do Meio Oeste na Figura 8, é possível observar que existem poucas alternativas de escoamento de petróleo em direção ao Golfo do México e a região do Meio Oeste é a principal alternativa de escoamento da produção Canadense.

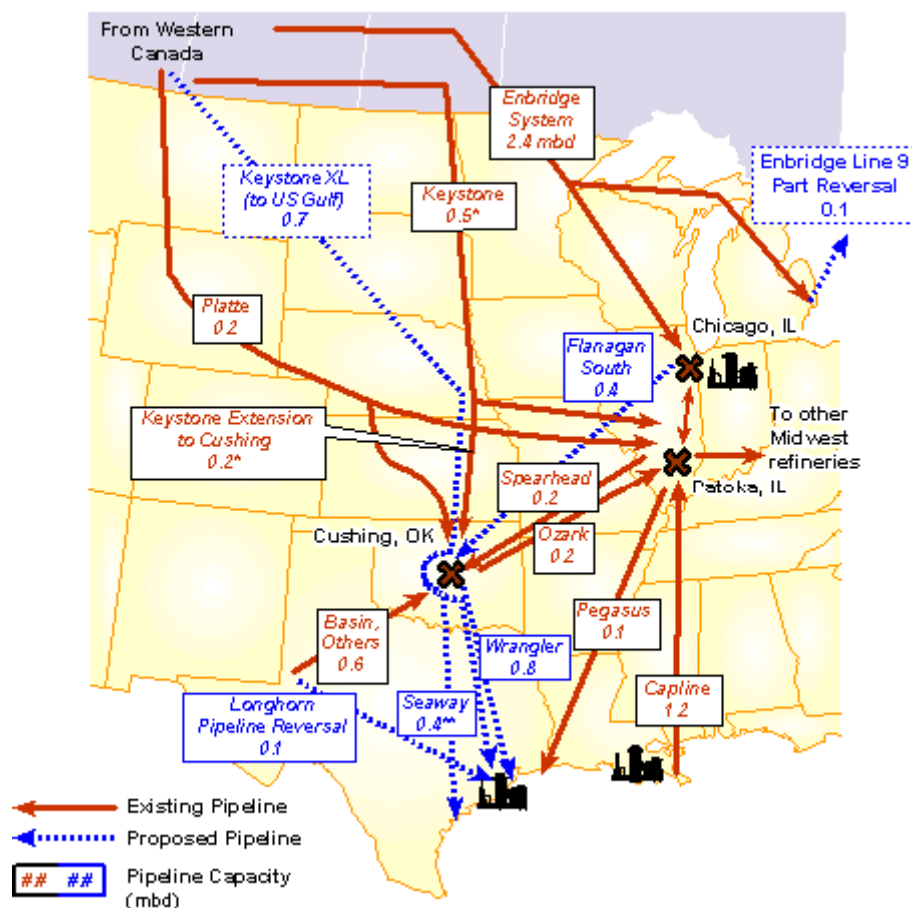


Figura 8 Esquema simplificado dos Dutos de petróleo do Meio Oeste dos EUA (IHS CERA, 2011)

Tal fato nunca atrapalhou a dinâmica do mercado de petróleo americano, porque o principal fluxo observado era a entrada de petróleo na região do Meio Oeste dos EUA. Dessa forma, os petróleos locais disputavam mercado com os óleos importados e, portanto, eram precificados de acordo com uma paridade de importação, mantendo-se alinhados aos preços internacionais (PURVIN E GERTZ, 2010). Recentemente, contudo, o aumento da disponibilidade de petróleo na região, oriundo do Canadá e do incremento da produção doméstica no Meio-Oeste, reduziu a necessidade de importação de petróleo de outras áreas do mundo, alterando o fluxo observado de petróleo observado ao longo dos anos 1990. A figura 9, a seguir, mostra como evoluiu o fluxo de petróleo em direção ao Meio Oeste americano nos últimos cinco anos.

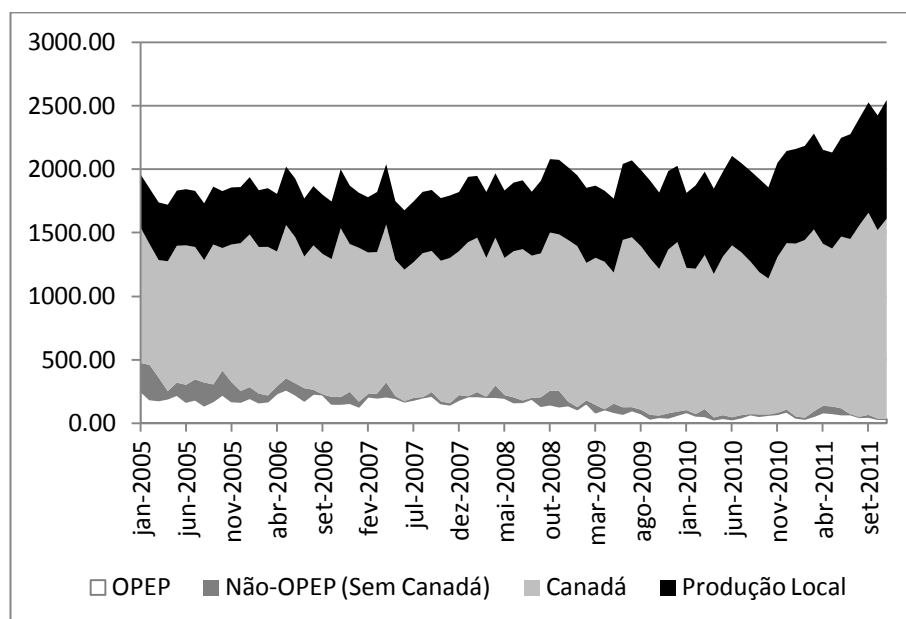


Figura 9 Importações de petróleo no PADD 2 por fonte no período 2005-2011 (Milhões bpd) (DOE, 2011)

Com isso, formou-se um excedente de petróleo que, em face das dificuldades de logística de saída, acumulou-se em estoques na região de Cushing cujos limites de armazenamento foram testados nos últimos anos. A Figura 10, a seguir, mostra a evolução dos estoques de petróleo em Cushing nos últimos 5 anos. Em vários

momentos o volume armazenado aproximou-se de sua capacidade operacional máxima.

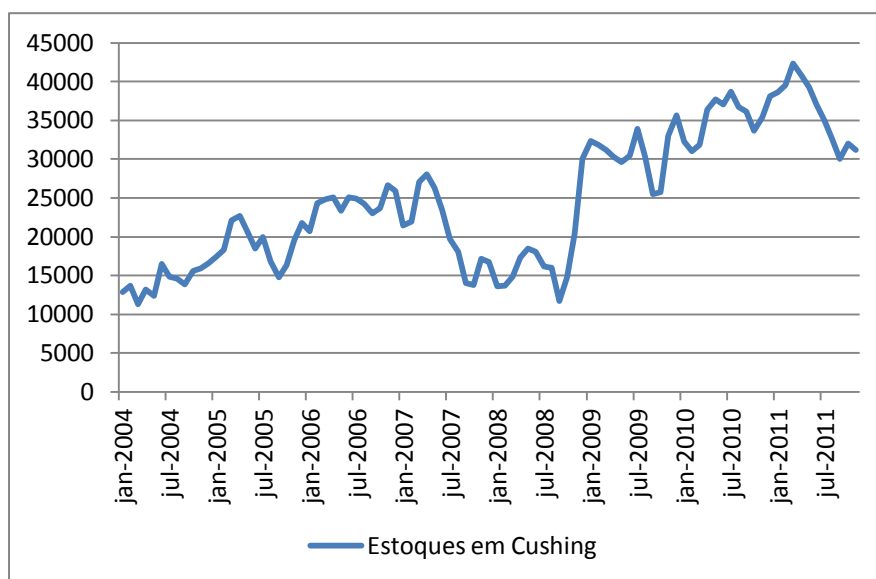


Figura 10 Estoques de Petróleo em Cushing, Oklahoma no período 2004 - 2011 (mil barris) (DOE, 2012)

Em face dessas transformações, a dinâmica de preços que previa a precificação dos petróleos da região (inclusive o WTI) como uma paridade de importação frente aos óleos internacionais foi alterada. Essa alteração justifica a ocorrência de períodos cada vez mais frequentes e prolongados de divergência do WTI em relação a outros petróleos internacionais mencionados anteriormente (FATTOUH, 2011 e PURVIN E GERTZ, 2010). Dos questionamentos quanto à adequação do WTI como referencia global de preços surgiu a ideia da construção de um novo marcador para o mercado americano, baseado em uma cesta de petróleos da região do Golfo do México. Tanto a Argus quanto a Platts<sup>10</sup> desenvolveram índices

<sup>10</sup> Seguindo metodologia similar a do Brent Datado, o Americas Crude Marker (ACM) da Platts é composto por 4 petróleos: Mars (29,18° API e 2,231% Enxofre), Poseidon (33,17° API e 1,41% Enxofre), Thunder Horse (33,7° API e 0,65% de Enxofre) e Southern Green Canyon (28,4°API e 2,479% Enxofre). O seu preço equivale ao preço da corrente mais barata entre elas, fato que faz com que o determinante de preços frequentemente seja o Southern Green Canyon. Estimativas da Platts afirmam que o volume somado das 4 correntes em 2010 foi de 835 mil barris por dia. O Argus Sour Crude Index (ASCI) da Argus é composto pelos mesmos petróleos do ACM, com exceção do Thunder Horse. O preço do ASCI, contudo, é

de preços com essa ideia entre o fim de 2009 e o início de 2010. Como expressão de sua preocupação com o rumo do WTI, países como Arábia Saudita e Kuwait adotaram o índice da Argus como referência para os preços de suas exportações em direção aos EUA (ENERGY INTELLIGENCE, 2009).

Além das propostas de alteração no papel do WTI como marcador e da construção de novos marcadores, existe outra via para a solução dos problemas associados ao excesso de petróleo na região do PADD2, através do ajuste da logística. Em paralelo com a situação atual, a Figura 8 mostra algumas propostas de construção de novos dutos com o objetivo seja de ultrapassar o Meio Oeste para entregar a produção canadense diretamente no Golfo do México, seja de criar novos canais de escoamento entre o Meio Oeste e o Golfo do México. Com o primeiro objetivo, destaca-se o projeto Keystone XL, alvo de controvérsias regulatórias por cruzar a fronteira dos EUA com o Canadá e depender de autorizações especiais do departamento de estado dos EUA por causa disso. Além dele, estão em estudo os projetos Wrangler e Flanagan South, também com o objetivo de permitir que a produção canadense atinja o Golfo do México diretamente. Criando uma via de ligação entre o Meio Oeste e o Golfo do México, foi anunciada recentemente a reversão do oleoduto Seaway (IHS CERA, 2011 e ARGUS, 2011).

Apesar dos questionamentos em relação ao uso do WTI como referência, no caso do mercado futuro o movimento foi diferente do observado com relação à base física. Dados de BLOOMBERG (2011c) mostram que o número de participantes e o número de contratos transacionados cresceu ao longo de toda a década de 1990 e em boa parte da década de 2000. Inicialmente impulsionado pelo sucesso do mercado americano e pela necessidade crescente de *hedge* por parte dos agentes, BUYUKSAHIN *et al.* (2008) mostram que o mercado futuro de petróleo nos EUA

---

definido como uma média do preço das três correntes que compõem o índice, ponderadas pelo volume.

apresentou um forte crescimento decorrente do movimento de investidores financeiros que reconheceram o petróleo e outras *commodities* como uma classe de ativos que merecia uma maior exposição em virtude dos impactos sobre o risco e o retorno de suas carteiras de investimento. A figura 11, a seguir, mostra a evolução do número de posições em aberto nesse mercado ao longo do período.

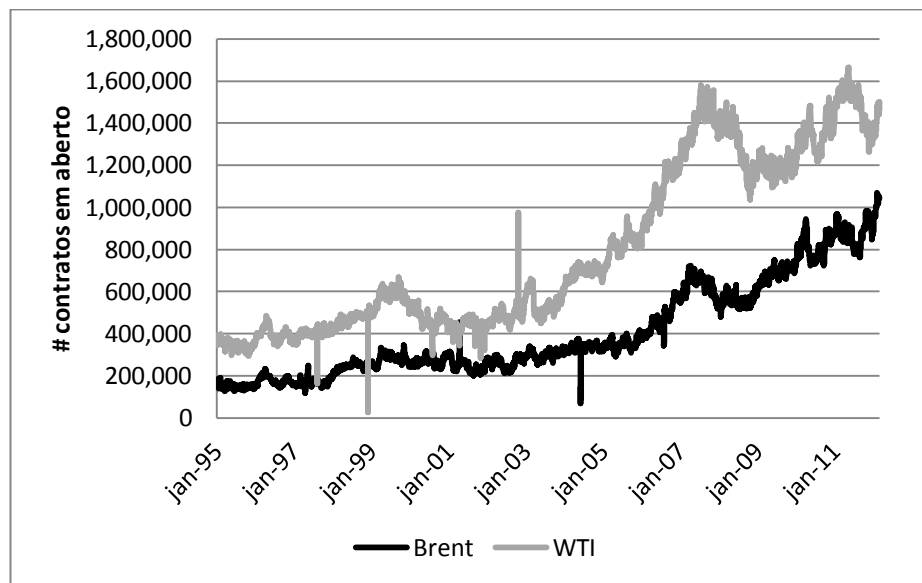


Figura 11 # de Posições em Aberto nos mercados futuros de Brent e WTI no período 1995 - 2011 (BLOOMBERG, 2011c e BLOOMBERG, 2011d)

CHEVALLIER (2010) atribui esse movimento de intenso crescimento da participação de investidores financeiros no mercado de petróleo ao Commodity Futures Modernization Act (CFMA) de 2000. Tal lei teve o intuito de reduzir o grau de controle do governo sobre os mercados futuros de commodities nos EUA, retirando-os da jurisdição do Commodity Exchange Act. Como consequência houve um movimento de proliferação de instrumentos financeiros cada vez mais sofisticados envolvendo commodities, em particular o petróleo. Essa oferta maior de instrumentos financeiros,



por sua vez, resultou em um incentivo para a participação de investidores financeiros no mercado de petróleo<sup>11</sup>.

Em virtude desse histórico, é possível afirmar que o mercado americano de petróleo hoje se organiza em torno de duas camadas, uma física e outra financeira. Ambas as camadas recebem, por meio do volume de transações realizado diariamente, informações a respeito da visão de seus participantes das atuais condições do mercado de petróleo e de suas expectativas para o futuro. Por tratarem da mesma commodity, os seus preços apresentam forte relação entre si.

#### **1.4 Evolução e Características do Mercado do Mar do Norte: o Brent**

Conforme descrito na seção anterior, o mercado para o petróleo Brent no Mar do Norte surgiu no final dos anos 1970 como um mercado para a produção de petróleo recém iniciada na região. Conforme descrevem MABRO E HORSNELL (1994), o mercado foi inicialmente impulsionado por um aspecto institucional específico e, posteriormente, com o desenrolar dos eventos acima descritos na indústria do petróleo, o seu papel central para o mercado se consolidou.

Do ponto de vista institucional, MABRO *et al.* (1986) mostram que o mercado spot para o petróleo Brent ganhou vida no final dos anos 1970 em virtude do regime fiscal adotado na época. Tal regime fiscal consistia na aplicação de royalties e outros tributos às empresas calculados com base no preço de venda das transações entre elas ou, no caso de movimentações internas dentro de cada entidade, em um preço a ser definido pela British National Oil Company (BNOC). O preço definido pela BNOC, contudo, resultava em uma carga tributária consideravelmente mais elevada do que aquela calculada a partir dos preços de mercado.

---

<sup>11</sup> A análise mais detalhada da relação entre os aspectos institucionais do mercado de petróleo e a participação de agentes financeiros escapa ao escopo do presente trabalho e deve ser alvo de estudos posteriores.

Conforme mostram MABRO *et al.* (1986), essa discrepância estrutural criou um incentivo para que as empresas participantes do mercado do mar do Norte evitassem transferir o petróleo dentro de seus sistemas internos, preferindo vendê-los a outras empresas e depois comprá-los para uso em seus sistemas de refino. Com isso, o volume de transações realizado nos mercados *spot* e *forward* foi bastante superior ao que seria observado sem que houvesse esse incentivo fiscal. Dessa forma, o chamado *tax spinning*<sup>12</sup> atuou como um grande incentivo institucional para o mercado do Brent. Por volta de 1987, o sistema fiscal já havia sido transformado e a vantagem decorrente do *tax spinning* já não era mais tão evidente. Contudo, nesse momento, as condições da indústria de petróleo já eram suficientes para incentivar o desenvolvimento do mercado e o estímulo institucional não era mais necessário (MABRO E HORSNELL, 1994).

Diferente do mercado americano, onde o contrato futuro foi lançado e ganhou evidência logo em 1983, no caso do Brent, o mercado *Forward* foi o primeiro elemento no complexo do Brent a possibilitar aos agentes a gestão do risco incorrido com os preços no mercado *spot*. Em operação desde 1981, este mercado permitia a transação de cargas de Brent para um período de até três meses a frente da data de entrega física (FATTOUH, 2011).

Conforme destacam KOLB E OVERDAHL (2007), um mercado *forward* guarda importantes diferenças de um mercado futuro. A principal delas reside na forma de negociação. Enquanto as negociações de contratos futuros são necessariamente centralizadas em uma bolsa, as transações em mercados *forward* são bilaterais, expondo os agentes a um maior risco de crédito. No caso das bolsas de futuros, o depósito de margem tem a função de mitigar esse risco. Outra diferença importante está no tamanho da parcela transacionada. No mercado *forward*, as transações

---

<sup>12</sup> Tax spinning se refere a situação onde uma empresa, por razões fiscais, escolhe realizar uma transação no mercado que seria mais barata e conveniente se fosse realizada internamente (MABRO E HORSNELL, 1994)

envolvem cargas inteiras de 600 mil barris de petróleo, que mudam de mãos a cada transação e que necessariamente serão entregues. No mercado futuro, os contratos representam lotes de mil barris, volume que exige uma menor envergadura financeira por parte dos seus participantes. Apesar das diferenças, contudo, ambos exercem funções similares, principalmente no que tange à gestão de risco. Dessa forma, conforme destaca FATTOUH (2011), o mercado *forward* do Brent cumpriu a tarefa de permitir aos agentes a gestão dos riscos de mercado, da mesma forma que o contrato futuro da NYMEX no caso do mercado americano. Por isso, segundo mostram MABRO E HORSNELL (1994), o caso do Brent pode ser considerado anômalo. A existência de um mercado *forward* bem desenvolvido foi a principal justificativa para o fracasso de duas tentativas de implementação de um contrato futuro de Brent nos anos de 1984 e 1985. Conforme argumenta FATTOUH (2011), tais tentativas falharam porque ambos os contratos, da mesma forma que o bem sucedido contrato da NYMEX, previam a possibilidade de entrega física do petróleo contra o contrato futuro. No caso do Brent, os participantes do mercado não suportaram a criação do mercado futuro nesses moldes por entenderem que a ideia era substituir o mercado *forward* pelo mercado futuro. A ameaça residia na substituição de um mecanismo de negociação já dominado por seus participantes por um mecanismo cujas regras seriam definidas por uma entidade externa, a International Petroleum Exchange (IPE).

Apenas em 1988, como relata ENERGY INTELLIGENCE (2011b), foi lançado um contrato futuro de Brent bem sucedido por parte da IPE. Diferente das outras tentativas fracassadas, o atual modelo de contrato previa a liquidação das posições em dinheiro ao invés da entrega física. Conforme descreve FATTOUH (2011), o preço a ser considerado na liquidação das posições futuras deveria ser o Brent Index, uma média de preços de transações realizadas no mercado *forward*. Com isso, o contrato futuro não ocuparia o seu lugar, mas sim o complementar, garantindo a coexistência de ambos. Dessa forma, diferente de um mercado de *commodities* tradicional, onde

existe uma camada física representada pelo mercado spot e uma camada financeira representada pelo mercado futuro, o mercado do Brent é constituído de três camadas de determinação de preço. Um contrato futuro que em sua data de expiração converge para os preços definidos em um mercado *forward* e este, por sua vez, na data de sua expiração converge para um mercado spot representado pelo mercado de Brent datado.

Acrescentando complexidade ao mecanismo de funcionamento desse mercado, existem dois instrumentos financeiros importantes para o seu adequado funcionamento: os *Exchange of Futures for Physicals* (EFP) e os *Contract for Differences* (CFD). O EFP é uma transação entre dois agentes onde uma posição no mercado futuro é trocada por uma posição no mercado *forward* a preços acordados entre as partes. O CFD é um contrato de *swap* onde um agente consegue fixar o diferencial entre o Brent datado e o Brent *forward* em uma determinada semana no futuro fazendo com que sua contraparte assuma o risco decorrente da flutuação desse diferencial.

O primeiro deles, conforme descreve FATTOUH (2011), tem uma função importante de conexão entre os mercados *forward* e futuros na medida em que é o principal mecanismo pelo qual a liquidação de um contrato futuro resulta na entrega física de petróleo. O segundo, conforme descrevem BARRERA-REY E SEYMOUR (1996), funcionava como uma ponte entre o mercado *forward* e o Brent datado, por permitir o *hedge* da diferença de preços entre esses dois mercados.

É possível depreender da análise dos textos de MABRO E HORSNELL (1994) e FATTOUH (2011), que analisam mercado do Mar do Norte em dois momentos diferentes, que houve transformações importantes entre eles. Essas transformações indicam ter havido mudança da camada onde ocorre um maior número de transações

e da camada onde a determinação dos preços se dá em níveis, para que os outros sejam obtidos através de diferenciais.

Nos anos 1980 e início dos anos 1990, período analisado por MABRO E HORSNELL (1994), os mercados *forward* apresentavam uma grande densidade de transações em comparação com o Brent Datado, a porção spot, e o mercado futuro, ainda pequeno dado o seu lançamento apenas em 1988. Nesse ponto o mercado *forward* do Brent guardava similaridades com o mercado futuro da NYMEX, que também já apresentava grande volume de transações realizadas em relação ao mercado *spot* de WTI. Segundo afirma FATTOUH (2011), o volume transacionado era superior a 30 cargas/dia de petróleo no mercado dos contratos *forward*, número que evidencia a elevada liquidez nesse mercado.

Ao analisar a década de 2000, FATTOUH (2011) mostra que o mercado *forward* apresenta um tamanho bem inferior ao observado na década de 1980. Dados apresentados por ele apontam que entre 2007 e 2008, o mercado passou por sérios problemas de liquidez, com a redução do número de participantes para um número que variou entre 4 e 12 no período que vai de 2007 a 2010, e um volume de transações que não excedeu 1 carga/dia no mesmo período. No auge da crise de liquidez em agosto de 2008, o volume transacionado nesse mercado chegou ao patamar dos 50 mil barris por dia, número que corresponde a apenas 1/12 de uma carga por dia.

O período intermediário é analisado de forma indireta pelo estudo do mercado de CFDs realizado por BARRERA-REY E SEYMOUR (1996). O estudo citado indica que o declínio do número de participantes do mercado *forward* já tem a sua data de início no final dos anos 1980. Um de seus dados aponta que, entre 1988 e 1995, o número de participantes nesse mercado havia declinado de cerca de 75 para 30, valor que indica uma tendência coerente com os 4 a 12 participantes no período 2007-2010

identificados por FATTOUH (2011). Em linha com essa argumentação, é razoável supor que o volume transacionado e o número de transações realizadas tenham apresentado tendência similar no período.

Entre as razões para esse movimento, BARRERA-REY E SEYMOUR (1996) afirmam que a ocorrência cada vez maior de tentativas de manipulação do mercado *forward* através de *squeezes*<sup>13</sup> afastou os participantes menores do mercado *forward*. Em virtude do aumento da liquidez do mercado de CFDs, também mencionado no estudo supracitado, esses agentes menores puderam montar suas estratégias de *hedge* a partir dos mercados futuros pela combinação destes com CFDs, tornando desnecessária a participação no mercado *forward*. Este pode ser um dos fatores por trás do crescimento do volume no mercado futuro nos anos 1990, informação visível na figura 12 a seguir.

---

<sup>13</sup> Conforme descreve BARRERA-REY E SEYMOUR (1996), um *squeeze* é uma operação onde um agente compra uma quantidade de petróleo superior à disponibilidade do cronograma de produção no mercado *Forward*, forçando outros agentes a liquidarem suas posições vendidas no mercado *forward* em dinheiro pagando um prêmio por isso. O *hedge* dos riscos associados com os efeitos da liquidação da posição adquirida no mercado *Forward* sobre o diferencial com o Brent Datado é realizado através da compra de CFDs. Segundo COOPER (2006), essa foi a estratégia adotada pela Arcadia Petroleum em um caso de *squeeze* denunciado pela Tosco em 2001.

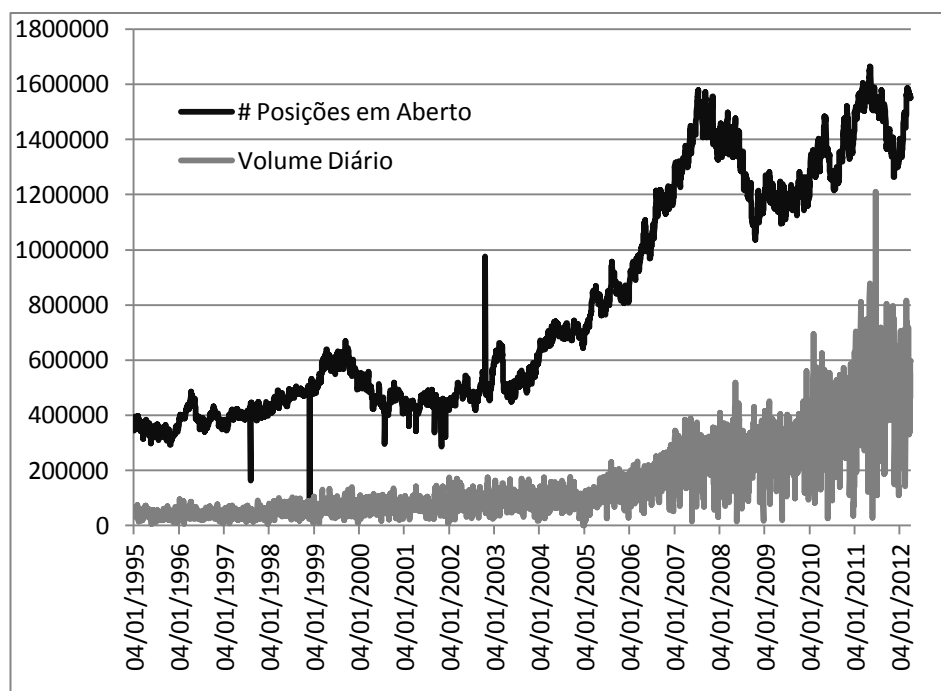


Figura 12 Volume e posições em aberto do futuro do Brent no período 1995 - 2012

Outro ponto importante de notar no estudo de BARRERA-REY E SEYMOUR (1996) refere-se ao papel do mercado do Brent datado. Dentre as possíveis soluções para o fortalecimento desse mercado e a redução da influência decorrente dos *squeezes* no mercado *forward* estaria a ampliação da janela de trading do Brent Datado de 15 para 25 dias. Tal alteração elevaria a liquidez desse mercado, ao permitir a participação de um número maior de refinadores europeus, que, em virtude da curta janela de 15 dias, asseguravam os seus suprimentos através de transações fora desse mercado, e também pela possibilidade de ocorrência de um número maior de transações com a mesma carga, que teria mais tempo para mudar de mãos até a efetiva data de entrega.

Dado o declínio da produção do petróleo Brent desde o início dos anos 1990, informações veiculadas em ENERGY INTELLIGENCE (2002) mostram que houve mudanças nas regras de funcionamento do mercado do Brent datado e na postura de usuários importantes desses mercados. No que tange às regras de funcionamento, com o intuito de ampliar a base física do mercado, foram acrescentados os petróleos

Forties e Oseberg à lista de óleos que poderiam ser entregues contra um contrato de Brent datado. Com isso, a base física desse mercado, próxima dos 300 mil barris por dia, foi multiplicada por 4, ampliando consideravelmente a liquidez desse mercado. Outra alteração importante foi o aumento da janela de negociação dos 15 para 21 dias. Assumindo que as hipóteses levantadas por BARRERA-REY E SEYMOUR (1996) a respeito dos impactos que esse tipo de mudança teria sobre o mercado estavam corretas, é possível concluir que tal medida contribuiu positivamente para o aumento da liquidez. Conforme é possível observar em ENERGY INTELLIGENCE (2011a), posteriormente em janeiro de 2012, a janela de negociação do Brent foi novamente alterada, sendo estendida de 21 para 25 dias, alinhando-se às sugestões de BARRERA-REY E SEYMOUR (1996).

O sistema BFO apresentava uma particularidade importante. Como as correntes Brent Forties e Oseberg eram produzidas em campos diferentes e tinham preços diferentes entre si, as transações com o Brent Datado passaram a ser precificadas pelo óleo mais barato dos três mencionados. PURVIN & GERTZ (2010) mostra que, por possuir a pior qualidade dos três em termos de grau API e teor de enxofre, o petróleo mais barato, e que consequentemente determinava o preço, era o Brent. Com isso, as especificidades dos mercados do Forties e do Oseberg só entravam em vigor para a formação do preço do Brent datado, quando acontecia algum problema com a corrente do Brent.

Apesar desse aumento, o movimento de declínio da base física, conforme descreve ENERGY INTELLIGENCE (2007), não foi revertido pelo ajuste de 2002 e suscitou nova alteração no termo geral de transação do Brent Datado. Dessa vez foi incluído o petróleo Ekofisk, de origem norueguesa e similar aos outros petróleos em termos de qualidade. Com isso a base física por trás do mercado Brent foi novamente ampliada, contribuindo positivamente para a restauração da liquidez no mercado



físico. O sistema de precificação pela corrente mais barata foi mantido nos moldes do sistema em funcionamento desde 2002.

Também data do ano de 2007 o início da produção do petróleo Buzzard, parte integrante da corrente do Forties. Diferente dos outros componentes, que apresentavam características de qualidade similares entre si, o petróleo Buzzard era relativamente mais pesado e apresentava uma maior concentração de enxofre<sup>14</sup>. Com isso, conforme mostra PURVIN & GERTZ (2010), o preço do Brent Datado passou a ser, em grande parte do tempo, o preço da corrente Forties, agora influenciada pelo óleo Buzzard.

Tais desdobramentos trouxeram um grau de volatilidade ao comportamento do preço do Brent Datado decorrente apenas da sua definição. Após 2007, tornou-se praticamente uma regra a precificação do Brent Datado, através do preço da corrente Forties. Períodos de manutenção nos campos que produziam o petróleo Buzzard, contudo, eram responsáveis por uma mudança na corrente que determinava o preço do Brent, provocando flutuações em seu preço e nos diferenciais com relação a outros mercados, como o Brent *Forward* e o Brent Futuro. Essas flutuações provocaram dificuldades adicionais para a gestão de risco por parte dos participantes desses mercados.

Com relação ao movimento dos usuários, a principal resposta ao declínio da base física do petróleo Brent foi o abandono do Brent Datado como referência para as fórmulas de precificação de petróleo adotadas por grandes países exportadores de petróleo, como a Arábia Saudita e o Kuwait. Em seu lugar, esses países passaram a

---

<sup>14</sup> Segundo PLATTS (2012), a corrente Forties possui 40,3° API e 0,58% de Enxofre, a corrente Oseberg possui 37,8 ° API e 0,27% de Enxofre, a corrente Oseberg possui 37,5 °API e 0,23% de Enxofre e o Brent atualmente está especificado com densidade de 38 °API e 0,45% de Teor de Enxofre. Segundo FATTOUH (2011), o petróleo Buzzard, que integrou a corrente Forties desde 2007 possui especificações piores em relação às outras 4 correntes tendo densidade de 32,6 °API e Teor de Enxofre de 1,44%.

adotar o indicador *B-Wave*<sup>15</sup>. Com isso, esses países, e outros que adotaram o mesmo mecanismo de precificação, reduziram a sua exposição a flutuações nos preços e diferenciais associados ao Brent datado (PURVIN & GERTZ, 2010).

Tal movimento, contudo, se opõe ao que tem sido observado entre os países asiáticos. Conforme destaca PLATTS (2011), o Brent Datado e outras cotações relacionadas<sup>16</sup>, têm sido cada vez mais utilizados como referência para a precificação de correntes de petróleo produzidas e comercializadas na região. Apesar do declínio na base física do Brent, que tem empurrado exportadores tradicionais para o uso do *B-Wave*, o declínio da produção dos marcadores locais tradicionais tem sido ainda mais intenso, justificando a opção pelo Brent no caso asiático. Petróleos tradicionais como Minas, Tapis e Duri, têm apresentado declínio na produção e um decréscimo na liquidez em seus respectivos mercados.

Os mercados futuros, conforme mostrou a figura 12, iniciaram seu crescimento na década de 1990 e continuaram em ascensão ao longo de toda a década de 2000. Tal movimento foi influenciado pela fuga de agentes de menor envergadura do mercado *forward*, pelo aumento da participação de instituições financeiras, de forma similar ao observado no mercado americano e pela sua maior utilização como instrumento de *hedge*, em resposta a substituição do Brent Datado pelo *B-Wave* como elemento principal nas fórmulas de precificação de petróleo dos principais exportadores. Em função disso, o mercado futuro do Brent, da mesma forma que o mercado do Brent datado após o ano de 2002, também mostrou aumento de liquidez. Dessa forma, o mercado *forward*, que teve papel central no período inicial do mercado do Mar do Norte nos anos 1980, hoje se apresenta como a camada menos líquida e com menor densidade de transações. Contudo, conforme lembra FATTOUH (2011), tal

---

<sup>15</sup> O índice B-Wave significa Brent Weighted Average e é calculado pela média das cotações de preços de todas as transações realizadas no mercado futuro de Brent ponderadas pelos seus respectivos volumes (FATTOUH, 2011).

<sup>16</sup> Em virtude de diferenças de fuso-horário, a Platts criou o Asian Dated Brent, que reflete transações do petróleo Brent Datado em uma janela de tempo diferente, adequada ao mercado asiático (PLATTS, 2011).

camada de mercado continua fundamental, uma vez que os preços no mercado *forward* são o ponto focal para onde converge o contrato futuro do Brent em sua data de expiração.

## **2 Conceito de *Price discovery* e Metodologia de Mensuração**

Este capítulo tem o objetivo de descrever em maiores detalhes as diferentes definições do conceito de *Price discovery* existentes na literatura, apresentar a definição utilizada no presente estudo e desenvolver uma representação de mercado que permita a sua mensuração de forma variável no tempo. Para isso, faz-se necessário modelar os mercados de petróleo dos EUA e do Mar do Norte como um modelo de cointegração e correção de erros e descrever brevemente os métodos de estimação dos seus parâmetros. Além disso, será apresentado o algoritmo do Filtro de Kalman, necessário para estimar os parâmetros do modelo de cointegração de forma variável no tempo.

Na seção seguinte serão apresentadas as origens do conceito de *price discovery*, bem como o conceito que será aplicado na presente dissertação. Na segunda seção será apresentada a relação entre o conceito de *price discovery* e o modelo de cointegração e correção de erros. Além disso, serão apresentados diferentes conceitos de *price discovery* e suas metodologias de cálculo e, dentre eles, será identificado aquele que mais se aproxima do conceito apresentado na primeira seção. Na terceira seção será apresentado o algoritmo do Filtro de Kalman e como ele pode ser utilizado para gerar estimativas variáveis no tempo para o modelo de cointegração e a medida de *price discovery*. Por último, serão apresentados os principais testes estatísticos que serão realizados com as séries de preços antes que efetivamente sejam elaborados os modelos que permitem a mensuração da contribuição de cada uma delas para o processo de *price discovery*.

### **2.1 O conceito de *Price discovery***

Ao observarem ações de empresas transacionadas em mais de um mercado, GARBADE e SILBER (1979) identificaram um elevado grau de conexão entre os seus

preços nesses diferentes mercados. A tendência de movimento conjunto dos preços em mais de um mercado seria explicada pela existência de um mesmo grupo de agentes em todos eles e pela existência de um fluxo de comunicações entre eles.

Além do movimento comum dos preços em mais de um mercado, GARBADE e SILBER (1979) estenderam a análise ao identificarem que existiam mercados em que o preço de um determinado ativo se movia antes do preço em outros mercados. Tal mercado foi denominado como mercado dominante para aquele ativo, enquanto os outros mercados foram chamados de satélite. Mais precisamente, o mercado satélite seria aquele que deveria mover-se para fechar as janelas de arbitragem abertas no decorrer do processo de flutuação natural dos preços.

Em GARBADE e SILBER (1983) a ideia de mensurar a existência de dominância entre mercados diferentes para um mesmo ativo é aprofundada e, dessa vez, analisada para a relação entre mercados físicos e futuros de *commodities*. Nesse texto, e em considerável parcela da literatura subsequente, atribui-se ao mercado de contratos futuros duas funções principais: a função de transferência de risco e de *price discovery*. A contribuição de um mercado futuro no que tange a transferência de risco consiste na possibilidade de utilização desse mercado para a mitigação de riscos decorrentes da variação de preços no mercado físico para aquele mesmo ativo. No caso da função de *price discovery*, objeto de estudo da presente Dissertação, a contribuição do mercado futuro se dá através da disseminação e do processamento de informações que contribuirão para a formação de preços em ambos os mercados.

Na visão de GARBADE e SILBER (1983), a relação de proximidade entre os preços *spot* e futuro de uma commodity seria explicada pela elasticidade da oferta de serviços de arbitragem entre os mercados físico e financeiro. Essa elasticidade está relacionada com a rapidez com que agentes presentes nos vários mercados responderiam a oportunidades de arbitragem abertas entre eles em função da

flutuação diária dos preços. Uma elevada elasticidade seria responsável por um maior grau de comovimento entre os diferentes preços de um mesmo ativo e uma maior eficiência por parte do mercado futuro na sua função de possibilitar a transferência de risco. Fatores como a existência de elevados custos de armazenagem para a commodity física, custos de transação e outros tipos de rigidez capazes de impedir a circulação de agentes entre os mercados físico e financeiro e o aproveitamento de janelas de arbitragem seriam fatores limitantes da referida elasticidade de oferta.

Conforme é possível observar em LEHMANN (2002), HASBROUCK (1995) e KIM (2011), existem diferentes interpretações acerca do significado da contribuição de um dado mercado para o processo de *price discovery*. O conceito adotado na presente Dissertação será a definição prática de GARBADE e SILBER (1983) que, para o caso da relação entre os mercados spot e futuro de uma commodity, afirma que a contribuição de um mercado futuro no processo de *price discovery* reside no grau com que mudanças de preços no mercado futuro lideram mudanças de preços no mercado spot com mais frequência do que o oposto. Conforme será visto na seção subsequente, a opção por essa definição terá impacto na métrica selecionada para a mensuração da contribuição do mercado futuro para o processo de *price discovery* no presente estudo.

Com o intuito de investigar a contribuição do mercado futuro para o processo de *price discovery* no mercado spot em um grupo de *commodities*, GARBADE e SILBER (1983) desenvolvem um modelo teórico de equilíbrio parcial entre demanda e oferta nos mercados físico e financeiro, onde existe um grupo de agentes atuando em ambos, possibilitando a arbitragem entre eles. Os resultados são analisados em três diferentes condições relacionadas à elasticidade de oferta de serviços de arbitragem. Na primeira delas, com elasticidade nula, as divergências entre os preços nos dois mercados não são restabelecidas através de arbitragem e seguem trajetórias permanentemente divergentes. Com isso o mercado futuro não contribui em nada para

o processo de *price discovery* no mercado físico e vice versa. No extremo oposto, com elasticidade infinita de oferta de serviços de arbitragem, o modelo mostra que os preços se ajustam rapidamente em caso de divergência permanecendo em trajetórias iguais. Dessa forma, ambos os mercados apresentam contribuições idênticas para o processo de *price discovery*.

O terceiro caso, de interesse para o presente estudo consiste na existência de uma elasticidade finita de oferta de serviços de arbitragem. Nesse caso os preços nos dois mercados são unidos por uma relação de arbitragem e apresentam uma relação estável de longo prazo que pode divergir no curto prazo. Com relação à contribuição do mercado futuro para o processo de *price discovery* no mercado *spot*, esta será maior na medida em que os mercados físicos forem aqueles que mais variarem no sentido de desfazer as janelas de arbitragem eventualmente abertas pelas flutuações do mercado. No modelo de GARBADE e SILBER (1983), em particular, essa propriedade está ligada ao número de participantes em cada mercado. Quanto maior o número de participantes em um mercado, maior a sua contribuição para o processo de *price discovery*.

Segundo FOSTER (1996), os estudos de QUAN (1992) e SCHWARZ e SZAKMARY (1994) diferiam do estudo de GARBADE e SILBER (1983), por utilizarem o modelo de cointegração e correção de erros desenvolvido em ENGLE E GRANGER (1987) para analisar a relação de dominância entre mercados *spot* e futuro de *commodities*. Ambos os artigos utilizaram o modelo de cointegração como uma representação da relação de longo prazo entre os dois mercados, utilizando-se de testes de causalidade de Granger para identificar qual deles seria o dominante e qual deles o satélite. SCHWARZ E SZAKMARY (1994), contudo, destacam-se por relacionarem o conceito de cointegração com a noção de GARBADE E SILBER (1983) de elasticidade de oferta de serviços de arbitragem.

FOSTER (1996), prosseguindo a linha de raciocínio dos dois artigos que menciona, unifica o modelo de cointegração e correção de erros com o modelo de GARBADE E SILBER (1983), sendo possível a demonstração da equivalência entre eles. A ideia de dois preços que apresentam uma tendência de longo prazo estável ao serem unidos por uma relação de arbitragem enunciada em GARBADE E SILBER (1983) é equivalente a ideia de que dois preços apresentariam uma combinação linear que pudesse ser descrita por um processo estacionário, definição de cointegração entre duas séries enunciada em ENGLE E GRANGER (1987). Dessa forma, os parâmetros do modelo de GARBADE E SILBER (1983) utilizados para mensurar a contribuição de cada mercado no processo de *price discovery* poderiam ser comparados com parâmetros das equações de um modelo de correção de erros. A partir dessa correspondência, o modelo de cointegração e correção de erros é utilizado como ponto de partida para diferentes definições e interpretações do conceito de *price discovery*, discutidas na próxima seção.

## **2.2 *Price discovery* e os seus diferentes métodos de mensuração**

Em uma análise do conceito e das medidas de *price discovery* existentes na literatura, KIM (2011) constrói uma tipologia baseada em duas características principais. A primeira delas diz respeito à relação de causalidade entre as variações de preços e o valor implícito da commodity que está sendo negociada nos dois mercados. A segunda diz respeito ao significado que está por trás da noção de que um mercado apresenta uma contribuição maior para o processo de *price discovery* em relação ao outro.

A ideia de valor implícito da commodity está ligada à noção de que o ativo que está sendo negociado apresentaria o mesmo preço em todos os mercados em que é negociado, se não fosse por fatores transitórios específicos de cada mercado. Formalmente, GONZALO E GRANGER (1995) afirmam que a existência de um fator



comum a duas séries resulta na existência de cointegração entre elas. A relação inversa, ou seja, que a cointegração entre duas séries garante a existência de um fator comum a elas foi demonstrada em STOCK E WATSON (1988).

Partindo dessa definição, a tipologia de KIM (2011) separa as medidas de *price discovery* em duas categorias principais. Na primeira, as mudanças no valor implícito da commodity são resultado das flutuações de preços em cada um dos mercados em que ela é transacionada. Na segunda, mudanças no valor implícito da commodity seriam a causa por trás de flutuações nos preços em seus diferentes mercados. Em termos mais técnicos, conforme destaca LEHMANN (2002), ambas as categorias resultam da tentativa de decomposição das flutuações de preços em um fator comum a todos os preços, que é associado ao valor implícito da commodity, e a fatores transitórios, que respondem pelas flutuações dos preços que não afetam o fator comum. A forma como é feita essa decomposição define a relação entre os resíduos das equações no modelo de correção de erros, os preços observáveis nos dois mercados e o valor implícito da commodity.

Dessa forma, para que seja possível obter as medidas de *price discovery* atreladas à primeira categoria, seria necessário identificar qual o papel das variações de preços observadas nos mercados que resulta em uma variação no valor implícito da commodity e, a partir dessa informação, qual a participação de cada um dos mercados nessa parcela. GONZALO E GRANGER (1995) apresentam uma metodologia de decomposição das flutuações de preços capaz de separá-las em dois componentes, sendo um deles responsável pelas flutuações no valor implícito da commodity (fator comum a ambos os mercados) e outro responsável pelas flutuações transitórias. A metodologia de GONZALO E GRANGER (1995) afirma que o componente permanente é uma combinação linear dos preços em cada um dos dois mercados e o componente transitório, por construção, é outra combinação linear desses dois preços que não apresenta nenhum tipo de causalidade sobre o

componente permanente. Outra condição importante para a definição dos componentes é o fato que apenas as inovações no componente permanente possuem um impacto de longo prazo sobre os preços nos dois mercados, enquanto as inovações no componente transitório apresentam impacto nulo.<sup>17</sup> Dessa forma, as flutuações no valor implícito da commodity podem ser expressas como uma ponderação dos termos de erro das equações que explicam as flutuações nos preços observados nos dois mercados.

A equação do modelo de cointegração e correção de erros representada em (1) e a representação desse modelo na forma de média móvel vetorial observada em (2) servem de ponto de partida para a descrição das diferentes medidas.

$$(1) \Delta p_t = \alpha(\beta' p_{t-1} - \mu) + \sum_{k=1}^{K-1} \Gamma_k \Delta p_{t-k} + e_t$$

$$(2) \Delta p_t = \Psi(L)e_t$$

Segundo descreve KIM (2011), as medidas dessa categoria são derivadas a partir da relação entre os resíduos da equação de correção de erros e o choque aleatório no valor implícito da commodity, este descrito como um passeio aleatório na equação (3). Dessa forma, os choques aleatórios no valor implícito da commodity podem ser escritos como uma função dos termos de erros das equações de preços dos dois mercados, conforme visto na equação (4) a seguir. Em linha, a variância dos choques no valor implícito da commodity também pode ser descrita a partir da variância de cada um dos termos de erros das equações nos dois mercados, relação visível na equação (5) a seguir.

$$(3) P_t = P_{t-1} + n_t^p \text{ onde o último termo do lado direito representa o choque aleatório que o valor implícito da commodity recebe no tempo. } t$$

---

<sup>17</sup> Para uma demonstração mais formal desses conceitos, ver GONZALO E GRANGER (1995).

(4)  $n_t^p = \psi_1 e_{1t} + \psi_2 e_{2t}$  onde os termos  $e_{it}$  correspondem aos termos de erro do modelo de correção de erros que descreve cada mercado e os termos  $\psi_i$  são elementos da matriz  $\Psi$  de coeficientes de  $\Psi(L)$ .

(5)  $\sigma_p^2 = \psi_1^2 \sigma_1^2 + \psi_2^2 \sigma_2^2 + 2\psi_1 \psi_2 \sigma_{12}$  onde  $\sigma_p^2 = \text{var}(n_t^p)$ ,  $\sigma_i^2 = \text{var}(e_{it})$  e  $\sigma_{12} = \text{cov}(e_{1t}, e_{2t})$ .

Usando elementos das equações descritas acima, é possível expressar as três diferentes medidas de *price discovery* da primeira categoria. Seguindo a nomenclatura adotada em KIM (2011), YAN E ZIVOT (2007) e YAN E ZIVOT (2010), o Component Share (CS), descrito na equação (6), é expresso como a participação de cada um dos mercados na composição do choque aleatório do valor implícito da commodity. O Information Share (IS), descrito na equação (7), por sua vez, é expresso como a participação da variância de cada um dos mercados na variância do choque aleatório do valor implícito da commodity. A medida Theta ( $\theta$ ), descrita na equação (8), é uma variação da medida CS em que é considerado o valor absoluto da participação de cada um dos mercados na composição do choque aleatório no valor implícito da commodity.

$$(6) CS_1 = \frac{\psi_1}{\psi_1 + \psi_2} \text{ e } CS_2 = \frac{\psi_2}{\psi_1 + \psi_2}$$

$$(7) IS_1 = \frac{\psi_1^2 \sigma_1^2}{\sigma_p^2} \text{ e } IS_2 = \frac{\psi_2^2 \sigma_2^2}{\sigma_p^2} \text{ caso } \sigma_{12} = \text{cov}(e_{1t}, e_{2t}) = 0$$

$$(8) \theta_1 = \frac{|\psi_1|}{|\psi_1| + |\psi_2|} \text{ e } \theta_2 = \frac{|\psi_2|}{|\psi_1| + |\psi_2|}$$

A medida IS foi desenvolvida pela primeira vez em HASBROUCK (1995) e foi usada posteriormente na literatura em HASBROUCK (2003), SO E TSE (2004) e FRIJNS E SCHOTMAN (2009). Apesar da sua ampla utilização a medida IS sofre uma crítica de ordem prática que a torna inaplicável em alguns casos analíticos. Conforme descreve HASBROUCK (1995), quando existe correlação entre os resíduos das equações de correções de erros, a medida IS precisa ser modificada para a forma

observada na equação (9). A matriz F em (9) representa uma fatorização<sup>18</sup> da matriz de variância e covariância dos resíduos de forma a ajustar a sua dimensão com o intuito de permitir o cálculo da medida IS. Dependendo da forma como se realiza a fatorização que resulta na matriz F, contudo, os resultados obtidos podem variar, fazendo com que a medida IS seja expressa como um intervalo e não um valor único.

$$(9) IS_1 = \frac{(\psi F)_1^2}{\psi \Omega \psi'} \text{ e } IS_2 = \frac{(\psi F)_2^2}{\psi \Omega \psi'} \text{ onde } \Omega = FF' \text{ é a matriz de variância-covariância}$$

dos resíduos do modelo de correção de erros que descreve cada mercado. Se  $\Omega$  for não diagonal as medidas  $IS_1$  e  $IS_2$  apresentam limites inferior e superior, dependendo da ordenação das linhas da matriz.

Conforme afirmam FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2010), quanto maior a correlação entre os resíduos, mais amplo é esse intervalo, prejudicando a interpretação dos resultados obtidos com o IS. Com o intuito de contornar o problema, HASBROUCK (1995) sugere que sejam utilizados dados de altíssima frequência<sup>19</sup> como forma de garantir que a correlação entre os resíduos seja mínima. No caso da presente dissertação, como será explicitado no capítulo seguinte, a frequência da amostra de dados utilizada não é elevada o suficiente a ponto de permitir a utilização da medida IS sem que se corra o risco de incorrer em ambiguidades devido ao intervalo de medida.

A medida CS, por sua vez, é obtida a partir de premissas do modelo original de GARBAGE E SILBER (1983), aproximando-se das ideias apresentadas em seu modelo de equilíbrio parcial. A medida CS foi desenvolvida a partir do método de mensuração do valor implícito da commodity desenvolvido em GONZALO E

---

<sup>18</sup> A referida fatorização, chamada de decomposição de Choleski, tem o objetivo de impor restrições aos parâmetros do modelo de forma que a sua identificação seja possível. Dependendo da ordem com que as restrições são aplicadas, a correlação entre os termos de erro pode ser diferente. Para maiores detalhes sobre a decomposição de Choleski e outros métodos de decomposição ver ENDERS (2010).

<sup>19</sup> O próprio estudo de HASBROUCK (1995) utiliza dados de preços obtidos em intervalos de 1 segundo.

GRANGER (1995). O estudo de FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2010) é um dos muitos exemplos na literatura que demonstram a sua relação com os parâmetros do modelo de cointegração e correção de erros. Dessa forma a medida CS pode ser igualmente expressa pela equação (10).

$$(10) \quad CS_1 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \text{ e } CS_2 = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \text{ onde } \alpha_2 \text{ e } \alpha_1 \text{ são os coeficientes de ajuste do modelo de correção de erros que descreve os mercados.}$$

Segundo KIM (2011), apesar da facilidade de cálculo e da relação direta com os elementos do modelo de cointegração, a medida CS apresenta um problema em condições específicas. Por construção o somatório do CS para cada um dos mercados equivale a 1, indicando que a medida representa a parcela de cada um no processo de *price discovery*. Contudo, dependendo dos valores do parâmetro alfa no modelo de cointegração, o CS de um dado mercado pode apresentar valores negativos enquanto o CS de outro mercado, por consequência, pode apresentar valores superiores a 1. Dessa forma, a interpretação da medida CS pode ficar prejudicada em alguns casos.

Em face dessa possibilidade, a medida  $\theta$  é uma variação da medida CS que mitiga esse problema, sendo considerada por KIM (2011) uma versão mais geral da medida CS. Conforme é possível observar na equação (11), por utilizar os parâmetros do modelo de cointegração em módulo, a medida  $\theta$  enxerga o mercado que mais (menos) contribui para o processo de *price discovery* como aquele que apresenta a menor (maior) variação de preços para o restabelecimento do equilíbrio de longo prazo. Entre os exemplos da literatura que utilizaram a medida  $\theta$  para mensurar a contribuição de um mercado para o processo de *price discovery*, é possível destacar os trabalhos de FOSTER (1996), THEISSEN (2002) e EUN E SABHERWAL (2003).

$$(11) \quad \theta_1 = \frac{|\alpha_2|}{|\alpha_1| + |\alpha_2|} \text{ e } \theta_2 = \frac{|\alpha_1|}{|\alpha_1| + |\alpha_2|}$$

No caso das medidas atreladas à segunda categoria, sugeridas em YAN E ZIVOT (2007) e YAN E ZIVOT (2010), seria necessário identificar qual a parcela das variações de preços que pode ser explicada por flutuações no valor implícito da commodity e, a partir daí, identificar qual dos mercados responde mais rapidamente a flutuações nesse valor. Nesse caso, os termos de erros das equações que explicam a flutuação dos preços seriam explicados por flutuações em dois componentes, um deles associado a mudanças de longo prazo no valor implícito da commodity e o outro associado a choques transitórios nesse valor. Tal relação é obtida através de uma metodologia alternativa de decomposição das flutuações de preços em um fator comum e em outro transitório, baseada em uma modificação da metodologia adotada em GONZALO E NG (2001). A definição dessas duas componentes, conforme mostra YAN E ZIVOT (2010) é dependente de uma relação com os preços observados nos dois mercados, uma vez que apenas o somatório dos impactos de mudanças de longo prazo no valor implícito da commodity resultaria em alterações nos preços nos dois mercados. Por outro lado, o somatório dos impactos de choques transitórios sobre os preços seria nulo, apesar de cada choque apresentar, individualmente, um impacto não nulo sobre os preços<sup>20</sup>.

Para a descrição dessas medidas, o ponto de partida é a representação do modelo de cointegração e correção de erros na forma de média móvel estrutural, visível na equação (12). A partir de (12) é possível escrever as equações (13) e (14), onde os resíduos das equações de correção de erros são função de choques aleatórios com efeito permanente e choques aleatórios com efeito transitório sobre o valor da commodity e as equações (15) e (16) que relacionam as variâncias entre os termos envolvidos.

---

<sup>20</sup> Para uma demonstração mais formal desses conceitos ver YAN E ZIVOT (2010)

(12)  $\Delta p_t = D(L)n_t$  onde  $n_t$  está relacionado com  $e_t$  através da relação  $D_o n_t = e_t$  em que  $D_o$  é um dos coeficientes da expressão do polinômio em defasagens  $D(L)$ .

(13)  $e_{1t} = d_{0,1}^P n_t^P + d_{0,1}^T n_t^T$  onde os termos com sobrescrito P indicam termos associados ao componente permanente e, analogamente, os termos com sobrescrito T indicam termos associados ao componente transitório.

$$(14) \quad e_{2t} = d_{0,2}^P n_t^P + d_{0,2}^T n_t^T.$$

$$(15) \quad \sigma_1^2 = (d_{0,1}^P)^2 \sigma_P^2 + (d_{0,1}^T)^2 \sigma_T^2$$

$$(16) \quad \sigma_2^2 = (d_{0,2}^P)^2 \sigma_P^2 + (d_{0,2}^T)^2 \sigma_T^2$$

Da mesma forma que ocorre com as medidas da primeira categoria, as medidas da segunda categoria, desenvolvidas em KIM (2011) podem ser expressas a partir da utilização de parâmetros das equações (13), (14), (15) e (16). De forma similar à medida IS, a medida Variance Ratio (VR) relaciona a variância dos choques aleatórios no valor implícito da commodity com a variância do termo de erro da equação de correção de erros, sendo expressa pela equação (17). Da mesma forma que a medida IS, a medida VR depende da ausência de correlação entre os resíduos do modelo de correção de erros, fato que tornam aplicáveis as mesmas considerações realizadas a respeito da medida IS – ou a respeito da possível ambiguidade em sua leitura.

$$(17) \quad VR_1 = \frac{(d_{0,1}^P)^2 \sigma_P^2}{\sigma_1^2} \text{ e } VR_2 = \frac{(d_{0,2}^P)^2 \sigma_P^2}{\sigma_2^2}$$

De forma similar à medida  $\theta$ , KIM (2011) constrói a medida Structural Component Share (SCS), que depende dos coeficientes dos choques permanentes e transitórios no valor implícito da commodity com o termo de erro da equação de correção de erro de cada mercado nas equações (13) e (14) e está expressa na equação (18). A medida SCS também foi construída a partir da utilização de módulos

dos coeficientes com o intuito de evitar os problemas de interpretação observados com a medida CS.

$$(18) \quad SCS_1 = \frac{|a_{0,1}^P|}{|a_{0,1}^P| + |a_{0,1}^T|} \text{ e } SCS_2 = \frac{|a_{0,2}^P|}{|a_{0,2}^P| + |a_{0,2}^T|}$$

Além das medidas SCS e VR, KIM (2011) propõe uma medida chamada Adjustment Share (AS) que tem o objetivo de medir a rapidez com que choques no valor implícito da commodity são incorporados aos preços em ambos os mercados. Dessa forma a medida busca captar a eficiência de cada mercado na absorção das informações oriundas dos choques permanentes no valor implícito da commodity.

Conforme análise comparativa de KIM (2011), as seis metodologias, apesar de relacionadas entre si, resultam de definições diferenciadas para o processo de *price discovery*, não existindo consenso na literatura a respeito da superioridade de uma sobre as outras. Das seis métricas apresentadas, apenas as medidas CS e  $\theta$ , por tentarem medir a contribuição do preço de um dos mercados para a evolução do fator comum entre eles, aproximam-se da definição de GARBADE E SILBER (1983) apresentada na seção anterior e adotada na presente dissertação.

Entre as duas métricas, em virtude dos problemas apresentados pela medida CS com relação a sua interpretação por causa do sinal dos coeficientes alfa do modelo de correção de erros, optou-se nesta Dissertação pela adoção da medida  $\theta$ . Além de representar uma transformação da medida CS que garanta a sua interpretação para qualquer sinal dos coeficientes do modelo de correção de erros, a medida  $\theta$  apresenta como vantagem a facilidade de cálculo a partir dos resultados de um modelo de correção de erros. Tal fator, conforme será visto na próxima seção em mais detalhes, será um facilitador para a produção de uma medida de *price discovery* variável no tempo a partir da utilização do Filtro de Kalman.



## **2.3 Metodologia para a obtenção da medida $\theta$ de forma variável no tempo: uma aplicação do Filtro de Kalman**

Para que seja cumprido o objetivo de avaliar o papel dos diferentes mercados para o processo de *price discovery* ao longo do tempo, faz-se necessário calcular a medida da contribuição de cada um desses mercados para o processo de *price discovery* também de forma variável no tempo. Conforme foi possível observar na seção anterior, a medida  $\theta$  de contribuição de um mercado para o processo de *price discovery* pode ser obtida a partir dos parâmetros de um modelo de cointegração e correção de erros. Dessa forma, a obtenção de uma medida de *price discovery* variável no tempo depende de técnicas de estimação que permitam a obtenção de parâmetros variáveis no tempo.

BELSLEY E KUTI (1973) afirmam que existem diferentes maneiras de se realizar a estimação de modelos com parâmetros variáveis no tempo. Especificamente, eles mencionam três possíveis abordagens. O modelo Goldfeld-Quandt assume que a estrutura de parâmetros em um modelo sofreu um ou mais saltos ao longo do período amostral, apresentando variações discretas. Outra abordagem sugere que, ao invés de os parâmetros sofrerem quebras estruturais em momentos definidos em virtude de fatores omitidos da equação original, os mesmos podem ser representados por variáveis aleatórias, sendo a sua variação ao longo do tempo determinada por sua natureza estocástica.

A terceira abordagem mencionada em BELSLEY E KUTI (1973), o Filtro de Kalman, é um algoritmo que identifica a melhor previsão para o conjunto de parâmetros com as informações disponíveis em cada momento do tempo e atualiza essa previsão com base nas informações do tempo subsequente, produzindo uma série de valores para o parâmetro ao longo do tempo. Na literatura relacionada ao

processo de *price discovery*, conforme é possível observar em FOSTER (1996) e CAPORALE *et al.* (2010), o Filtro de Kalman foi a abordagem escolhida para a obtenção de parâmetros variáveis no tempo.

Conforme afirma ENDERS (2010), o Filtro de Kalman é um algoritmo que calcula a previsão ótima de uma variável não observada no período  $t$  com base nas informações das variáveis observadas até o período  $t-1$ . Com a chegada de nova informação a respeito das variáveis observadas no período  $t$ , é possível atualizar a previsão da variável não observada no período  $t$  e construir a sua previsão para o período  $t+1$ . Dessa forma, é possível construir uma série de valores para a variável não observada a partir das previsões ótimas realizadas em cada momento do tempo.

De acordo com a descrição em MEINHOLD E SINGPURWALLA (1983), a aplicação do Filtro de Kalman necessita que o modelo esteja formulado na forma de espaço de estados. As equações (18) e (19), descrevem um modelo AR(1) na forma de espaço de estados a título de ilustração. A equação (19) é chamada de “equação de medida”<sup>21</sup> e mostra a relação entre as variáveis observadas e as variáveis de estado, não observadas. A equação (20) é chamada de “equação de estado” e descreve o processo estocástico que governa a flutuação das variáveis de estado (não observadas) ao longo do tempo.

$$(19) \quad Y_t = A_t \xi_t + v_t$$

$$(20) \quad \xi_t = G_t \xi_{t-1} + w_t$$

Para a obtenção da medida  $\theta$  de forma variável no tempo, o modelo utilizado apresentará complexidade superior à das equações (19) e (20). Contudo, é possível identificar os principais elementos por analogia. Nas equações de (21) a (24), a seguir,

---

<sup>21</sup> Na literatura que discute e utiliza o Filtro de Kalman, essa equação pode aparecer com outros nomes como “equação de observação” ou “equação de sinal”. HAMILTON (1994), ENDERS (2010) e FOSTER (1996) são exemplos de artigos que utilizam nomenclaturas diferentes para a mesma equação.

a variável de estado (não observada) será o coeficiente de ajuste dos vetores de correção de erros. As séries de preços dos diferentes mercados, por sua vez, constituirão as variáveis observadas, que servirão de informação para a construção da série de previsões da variável de estado.

$$(21) \quad \Delta p_{1t} = \alpha_{1t}(p_{1t} - \beta_2 p_{2t} - \beta_3) + \delta_{1,1} \Delta p_{1t-1} + \delta_{1,2} \Delta p_{2t-1} + v_{1t}$$

$$(22) \quad \Delta p_{2t} = \alpha_{2t}(p_{1t} - \beta_2 p_{2t} - \beta_3) + \delta_{2,1} \Delta p_{1t-1} + \delta_{2,2} \Delta p_{2t-1} + v_{2t}$$

$$(23) \quad \alpha_{1t} = \alpha_{1t-1} + w_{1t}$$

$$(24) \quad \alpha_{2t} = \alpha_{2t-1} + w_{2t}$$

Diferente das aplicações em engenharia e em outras ciências exatas, onde as equações de medida apresentam parâmetros determinísticos conhecidos em virtude de relações físicas, no caso de modelos econômicos esses parâmetros são desconhecidos e precisam ser estimados também a partir dos dados observados. Conforme descreve HAMILTON (1994), a estimativa desses parâmetros é feita por máxima verossimilhança. Em linhas gerais, a estimação por máxima verossimilhança busca maximizar a probabilidade de um dado conjunto de parâmetros ter sido observado a partir da amostra dada.

Dessa forma, de maneira análoga à equação (11), a medida  $\theta$  variável no tempo pode ser obtida a partir das séries das variáveis de estado presentes nas equações (21) e (22) sendo expressa na equação (25). Como consequência do método aplicado, a equação (25) representa a melhor estimativa da contribuição de cada um dos mercados para o processo de *price discovery* no período  $t$  com base na informação disponível em  $t-1$ .

$$(25) \quad \theta_{1t} = \frac{|\alpha_{2t}|}{|\alpha_{1t}| + |\alpha_{2t}|} \text{ e } \theta_{2t} = \frac{|\alpha_{1t}|}{|\alpha_{1t}| + |\alpha_{2t}|}$$

## **2.4 Avaliação da hipótese de cointegração entre as séries de preços e estimação dos modelos.**

Conforme observado nas seções anteriores, a hipótese de que as séries de preços dos diferentes mercados sejam cointegradas entre si é uma condição necessária para que a análise da contribuição de cada uma delas para o processo de *price discovery* possa ser realizada através das metodologias descritas neste capítulo. Conforme pode ser visto em FOSTER (1996), a existência de uma elasticidade finita de arbitragem entre dois mercados da forma como é descrita em GARBADE E SILBER (1983) está associada à existência de uma relação de cointegração entre os seus preços. Dessa forma, faz-se necessário realizar testes estatísticos com o intuito de testar a hipótese de que existe uma relação de cointegração entre as séries envolvidas antes da modelagem das medidas de contribuição de cada mercado para o processo de *price discovery*.

Conforme descreve ENDERS (2010), variáveis econômicas normalmente não apresentam comportamento estacionário<sup>22</sup>. Segundo HENDRY E JUSELIUS (2000), grande parte da análise estatística tradicional, contudo, está baseada em características oriundas da estacionariedade das séries como a média constante, por exemplo. Dessa forma, a identificação de uma relação de cointegração em um grupo de variáveis é uma alternativa importante para a sua análise, uma vez que, conforme definem os autores acima citados, relações de cointegração são relações estacionárias entre variáveis não estacionárias.

ENDERS (2010) mostra que o modelo autorregressivo vetorial (VAR) é a forma mais geral de se realizar a análise multivariada de séries temporais. Partindo de um VAR, é possível reescrevê-lo<sup>23</sup> na forma da equação (26) a seguir, que equivale ao

---

<sup>22</sup> Uma série estacionária exibe um comportamento onde a sua média não varia ao longo do tempo e a correlação entre resíduos, que apresentam uma mesma distância no tempo, não varia. Para uma definição formal, ver ENDERS (2010).

<sup>23</sup> Para maiores detalhes sobre a relação entre o VAR e a sua forma descrita na equação (26), ver HENDRY E JUSELIUS (2000) e ENDERS (2010). A relação entre o VAR e a

modelo de correção de erros e será útil para a realização dos testes de hipótese que permitirão a identificação de relações de cointegração.

$$(26) \quad \Delta p_t = \pi p_{t-1} + \sum_{k=1}^{K-1} \Gamma_k \Delta p_{t-k} + e_t$$

Conforme afirma ENDERS (2010), a quantidade de relações de cointegração entre as séries depende do posto<sup>24</sup> da matriz  $\pi$ . Se o posto for zero, indica que todas as séries de tempo envolvidas são não-estacionárias, porém não existe relação de cointegração entre elas. Se o posto for máximo, indica que todas as séries envolvidas são estacionárias. Fora desses casos extremos, o posto da matriz indica o número de relações de cointegrações entre as séries analisadas.

Dada a relação entre o posto e as raízes do polinômio característico de uma matriz é possível construir testes de hipótese a partir de valores simulados para as últimas. Conforme mostra ENDERS (2010), são necessários dois testes de hipótese para a adequada identificação do número de vetores de cointegração em um sistema. O teste  $\lambda_{\text{traço}}$  tem o objetivo de testar a hipótese nula de que o número de vetores de cointegração é menor ou igual a  $r$ . Já o teste  $\lambda_{\text{max}}$  tem o objetivo de testar a hipótese nula de que existem  $r$  vetores de cointegração contra hipótese alternativa de que existem  $r+1$  vetores de cointegração no sistema. Combinados, esses dois testes de hipótese permitem uma afirmativa conclusiva a respeito da existência ou não de relações de cointegração entre as séries analisadas.

A identificação de uma relação de cointegração para cada par de séries temporais analisadas torna possível validar a especificação do modelo de análise na forma de espaço de estados descrito nas equações (21) a (24). No próximo capítulo, esse modelo deverá ser estimado para cada par de séries de preços das camadas de

---

forma da equação (26) é resultado do teorema da representação de Granger, descrito em ENGLE E GRANGER (1987).

<sup>24</sup> Conforme define BOLDRINI (1986), dada uma matriz  $A_{m \times n}$ , seja  $B_{m \times n}$  a matriz-linha reduzida à forma escada linha equivalente a  $A$ . O posto de  $A$ , denotado por  $p$  é o número de linhas não nulas de  $B$ .

mercado descritas no Capítulo 1, e os seus resultados, no que concernem à medida de contribuição de cada camada para o processo de *price discovery*, serão analisados.

### **3 Resultados e Discussão**

Este capítulo apresenta e analisa os detalhes dos experimentos realizados com as séries de preços segundo a metodologia descrita no capítulo anterior, os seus resultados e as suas principais implicações. Estes resultados serão analisados em comparação com os verificados na literatura recente e diante de fatos identificados na Indústria Mundial de Petróleo

A primeira seção do presente capítulo apresenta, nos mercados WTI e Brent, os resultados dos testes de cointegração com as séries de preços e o resultado da análise de *price discovery* variável no tempo para cada um dos pares de séries de preços relevante. A segunda seção apresenta uma discussão dos resultados para o mercado WTI à luz da literatura recente, que tenta identificar o papel do setor financeiro no comportamento dos preços. A seção seguinte apresenta uma discussão dos resultados para o mercado Brent, buscando justificar a escassez de literatura que o utiliza para analisar o papel do mercado financeiro. Esta seção interpreta os resultados da série do Brent a partir das modificações estruturais ocorridas nos últimos anos nesta corrente. A quarta seção compara os resultados entre o Brent e o WTI, a fim de apontar suas semelhanças e, sobretudo, buscar argumentos que justifiquem suas diferenças.

#### **3.1 Descrição dos dados e resultados dos testes de cointegração e da análise de *price discovery* variável no tempo.**

De acordo com a descrição do capítulo 1, os mercados Brent e WTI apresentam diferentes camadas que podem contribuir para o processo de *price discovery*. Cada uma dessas camadas pode ser representada por uma série de

preços, que será utilizada para a realização dos testes estatísticos propostos. No caso do mercado WTI, serão testadas duas camadas de mercado. O preço do WTI spot, correspondente à parcela física, e o preço do contrato futuro de primeiro mês<sup>25</sup> de Light Sweet Crude Oil da New York Mercantile Exchange (NYMEX), representando a parcela financeira desse mercado.

No caso do mercado Brent, a situação é mais complexa, uma vez que será necessário analisar o comportamento dos preços entre três diferentes camadas. A primeira delas, o Brent Datado, corresponde ao mercado físico. O Brent *Forward*, apesar de ainda representar a negociação de cargas físicas, apresenta certo grau de distanciamento no tempo que o diferencia do Brent Datado. O Brent Futuro, aqui representado pelo contrato de primeiro mês de Brent da Intercontinental Exchange (ICE), constitui a parcela financeira desse mercado. Relaciona-se mais diretamente com o mercado *forward* uma vez que é ele que define o seu valor na data de expiração.

As séries de preços relacionadas ao mercado WTI foram obtidas, em base diária, na base de dados do Departamento de Energia dos EUA (DOE, 2012) em um período que vai desde 2/1/1992 até 31/12/2011. A escolha do período de análise teve o objetivo de capturar toda a história da indústria de petróleo após a Guerra do Golfo de 1991. Conforme é possível depreender da argumentação do capítulo 1, o período anterior a essa guerra pode ser entendido como uma fase de consolidação do atual mecanismo de formação de preços.

As séries de preços relacionadas ao mercado Brent Datado e ao contrato futuro da ICE foram obtidas, também em base diária, na base de dados da Bloomberg (BLOOMBERG, 2011a e BLOOMBERG, 2011b). A série de preços do Brent *Forward*,

---

<sup>25</sup> O contrato futuro de primeiro mês corresponde à data de entrega mais próxima cujo preço do petróleo é negociado em um mercado financeiro. Tal contrato foi escolhido por apresentar a maior liquidez e, conseqüentemente, o maior volume de transações.



por outro lado, foi obtida em PLATTS (2011). A Platts é uma empresa que responde pela coleta e disseminação de informações sobre preços nesse mercado. Para permitir a comparabilidade, o período analisado também se inicia no dia 2/1/1992. Contudo, em virtude da dificuldade de acesso às séries de dados mais atuais para o Brent *Forward*, a amostra tornou-se limitada ao dia 22/8/2011. Em função disso de agora em diante, sempre que forem comparados os resultados do Brent e do WTI, a data final será o dia 22/8/2011.

As estatísticas descritivas e a inspeção visual das cinco séries de preços analisadas mostram razoável similaridade entre as suas principais características estatísticas e os seus comportamentos ao longo do tempo, ponto que sugere a existência de uma forte ligação de longo prazo entre elas. A Figura 13 mostra a evolução das cinco séries de preços ao longo do tempo enquanto a tabela 1 mostra as estatísticas descritivas delas.

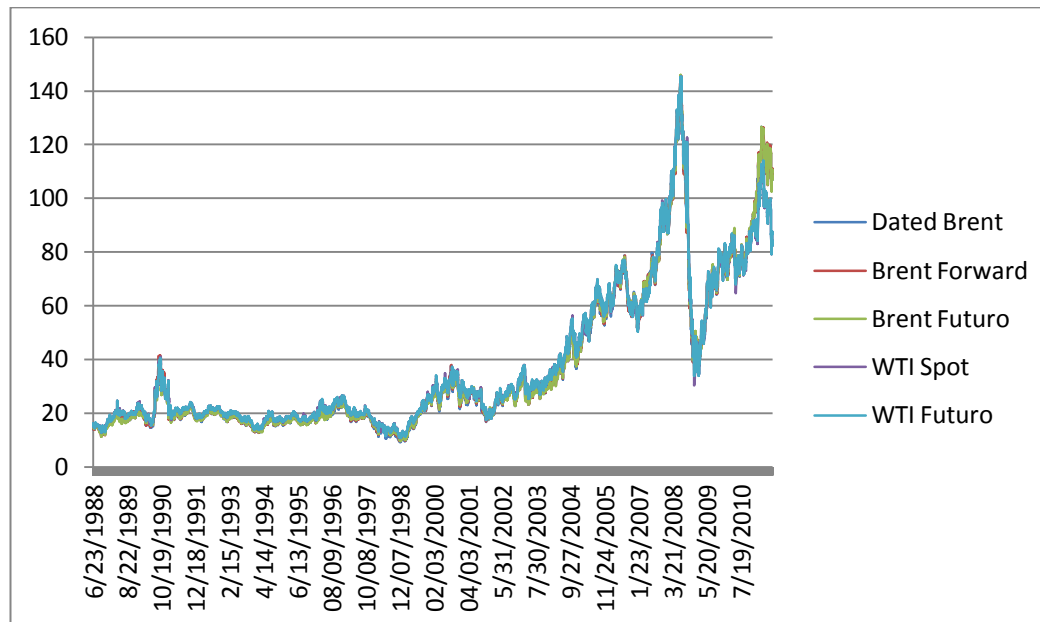


Figura 13 Séries de Preços de Petróleo nas cinco camadas de mercado analisadas no período 1988-2011 em US\$/bbl (DOE, 2012 e PLATTS, 2011)

Tabela 1 Estatísticas descritivas das Séries de Preços de Petróleo nas cinco camadas de mercado analisadas no período 1990-2011. Fonte: Elaboração própria com os dados de DOE (2012), BLOOMBERG (2011a), BLOOMBERG (2011b) e PLATTS (2011)

Estatísticas	Dated Brent	Brent Forward	Brent Futuro	WTI Spot	WTI Futuro
Média	36.98708	37.14121	37.12648	37.86913	37.88654
Mediana	23.76	24.25	24.19	25.63	25.6
Máximo	145.66	145.51	146.08	145.31	145.29
Mínimo	9	9.64	9.64	10.82	10.72
Desvio Padrão	27.99709	27.99861	28.14837	26.69863	26.74876
Obliquidade	1.462482	1.466282	1.460696	1.405065	1.402664
Curtose	4.327498	4.339598	4.306724	4.205076	4.191468
Jarque-Bera	2597.903	2617.236	2578.865	2354.011	2339.009
Probability	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Soma	223512.9	224444.3	224355.3	228843.1	228948.4
Soma dos quadrados dos desvios	4735943	4736456	4787261	4306839	4323029
Observations	6043	6043	6043	6043	6043

Apesar de a inspeção visual apresentar um forte indicativo, faz-se necessário realizar os testes  $\lambda_{\text{traço}}$  e  $\lambda_{\text{max}}$  para testar a hipótese de que existe um vetor de cointegração entre cada um dos pares relevantes entre as séries analisadas. Os resultados na tabela 2, a seguir, mostram que em todos os casos a conclusão dos testes denota a existência de um vetor de cointegração, corroborando a suposição inicial de uma relação de longo prazo entre as séries. Além disso, tal resultado confirma a existência de uma tendência comum de preços entre as séries e a possibilidade de verificar a contribuição variável no tempo de cada uma delas para essa tendência, tarefa realizada através da métrica de *price discovery* e do algoritmo de filtro de Kalman, ambos descritos no capítulo anterior.

Tabela 2 Resultado dos Testes de Cointegração entre os pares relevantes de séries de preços no período 1990-2011

Pares de Séries	Dated Brent Brent Forward	Brent Forward Brent Futuro	Dated Brent Brent Futuro	WTI Spot WTI Futuro
$\lambda_{\text{traço}}$				
0 vetores	815.2446	459.9729	218.1253	1261.568
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1 vetor	<b>1.39496</b>	<b>1.590351</b>	<b>1.599443</b>	<b>1.793674</b>
p-valor	*0.8918	*0.8569	*0.8553	*0.8183
$\lambda_{\text{max}}$				
0 vetores	813.8497	458.3826	216.5259	1259.774
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1 vetor	<b>1.39496</b>	<b>1.590351</b>	<b>1.599443</b>	<b>1.793674</b>
p-valor	*0.8918	*0.8569	*0.8553	*0.8183

De acordo com a metodologia, foram construídos quatro modelos de correção de erros na forma de espaço de estados, seguindo a estrutura descrita nas equações (21) a (24). Um dos modelos, doravante chamado modelo (1), será utilizado para avaliar o mercado WTI e será formado entre as séries de preços do WTI spot e do WTI no mercado futuro. Para a avaliação do Mercado Brent será necessário três modelos. O modelo (2) será formado entre o Brent Datado e o Brent *Forward*. O modelo (3) analisará a relação entre o Brent *Forward* e o Brent Futuro. E o modelo (4) analisará a relação entre o Brent Datado e o Brent Futuro.

Utilizando o algoritmo do Filtro de Kalman e estimando os quatro modelos por máxima verossimilhança, é possível obter os resultados para cada um dos parâmetros das equações e a série de valores para os parâmetros  $\alpha_{1t}$  e  $\alpha_{2t}$ , que permitirão construir a série de valores da medida  $\theta$  de *price discovery*. A tabela 3 a seguir mostra os resultados da estimação dos coeficientes para os quatro modelos.

Tabela 3 Resultado da estimação dos Modelos utilizando o Filtro de Kalman

Equações								
$\Delta p_{1t} = \alpha_{1t}(p_{1t} - \beta_2 p_{2t} - \beta_3) + \delta_{1,1} \Delta p_{1t-1} + \delta_{1,2} \Delta p_{2t-1} + v_{1t}$								
$\Delta p_{2t} = \alpha_{2t}(p_{1t} - \beta_2 p_{2t} - \beta_3) + \delta_{2,1} \Delta p_{1t-1} + \delta_{2,2} \Delta p_{2t-1} + v_{2t}$								
	MODELO (1)		MODELO (2)		MODELO (3)		MODELO(4)	
Parâmetro	coeficiente	p-valor	coeficiente	p-valor	coeficiente	p-valor	coeficiente	p-valor
$\alpha_{1t}$	0.998130	0.0000	1.002281	0.0000	1.000000	0.0000	1.000000	0.0000
$\alpha_{2t}$	0.006974	0.0259	-0.012319	0.0104	0.001794	0.1554	-0.008245	0.0360
$\beta_1$	0.133626	0.0000	-0.087384	0.0005	-0.096436	0.0000	-0.068187	0.0316
$\beta_2$	-0.141316	0.0000	0.125898	0.0000	0.110943	0.0000	0.098938	0.0075
$\beta_3$	0.030504	0.3775	0.089922	0.0004	0.139166	0.0000	-0.068187	0.0000
$\delta_{1,1}$	-0.031861	0.4554	-0.047505	0.0521	-0.075328	0.0008	0.098938	0.0002

A partir das séries de parâmetros  $\alpha_{1t}$  e  $\alpha_{2t}$  é possível, então, construir séries para a medida  $\theta$  de *price discovery* em cada um dos modelos seguindo a equação (25). As Figuras 14 a 17 mostram os resultados para cada um dos modelos. Em todos os resultados é possível observar que a medida de *price discovery* foi variável ao longo do tempo. Por construção, o mercado que possui a área maior em cada um dos gráficos abaixo foi aquele que mais contribuiu para o processo de *price discovery* naquele modelo.

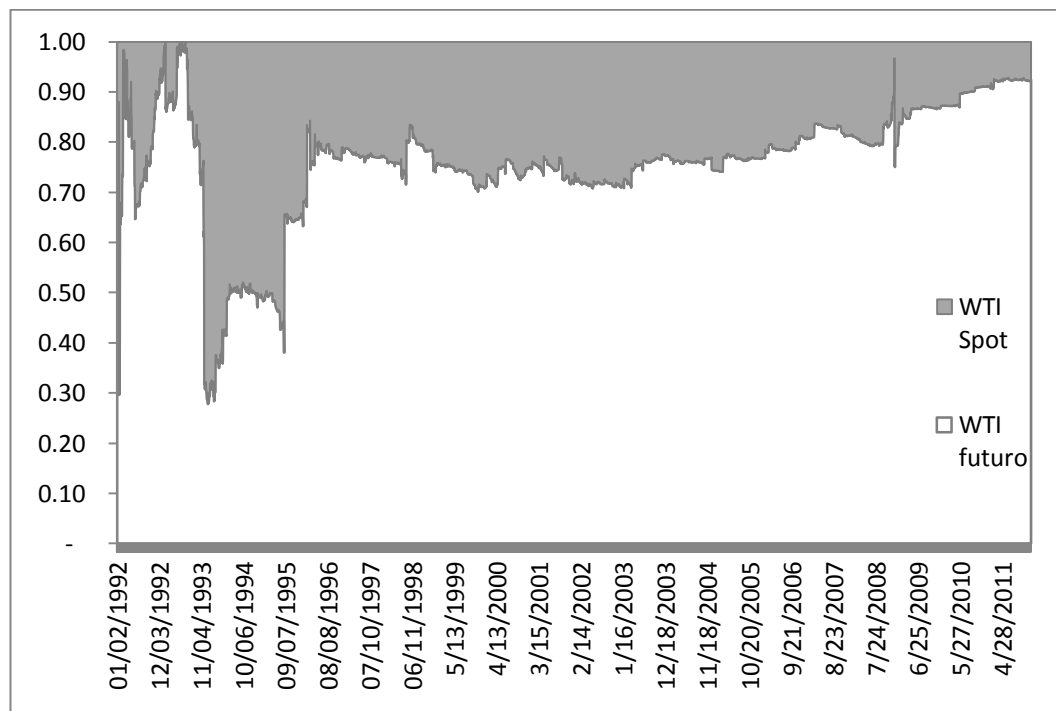


Figura 14 Medida de Price Discovery do Modelo (1)

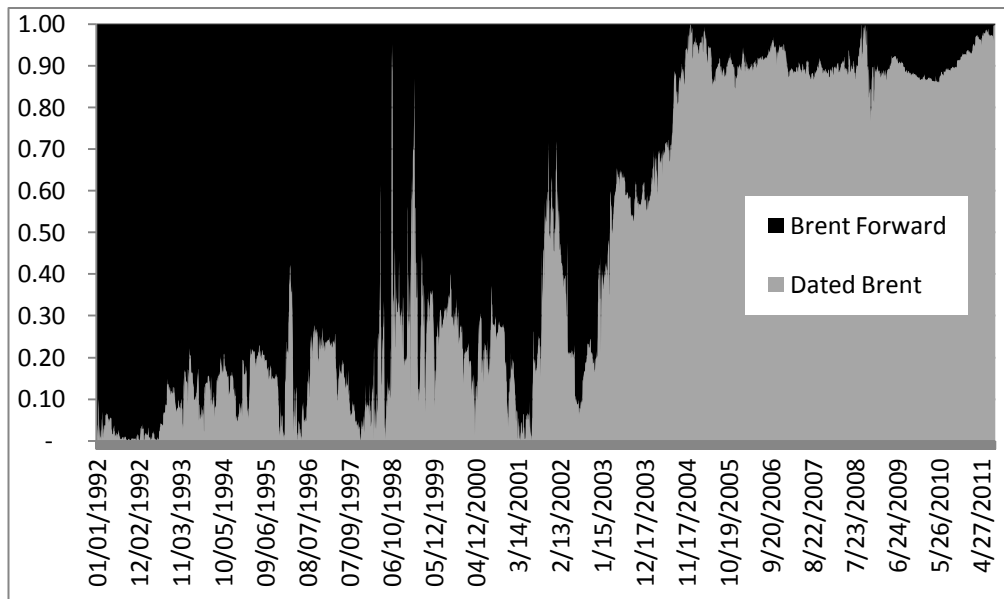


Figura 15 Medida de Price Discovery do Modelo (2)

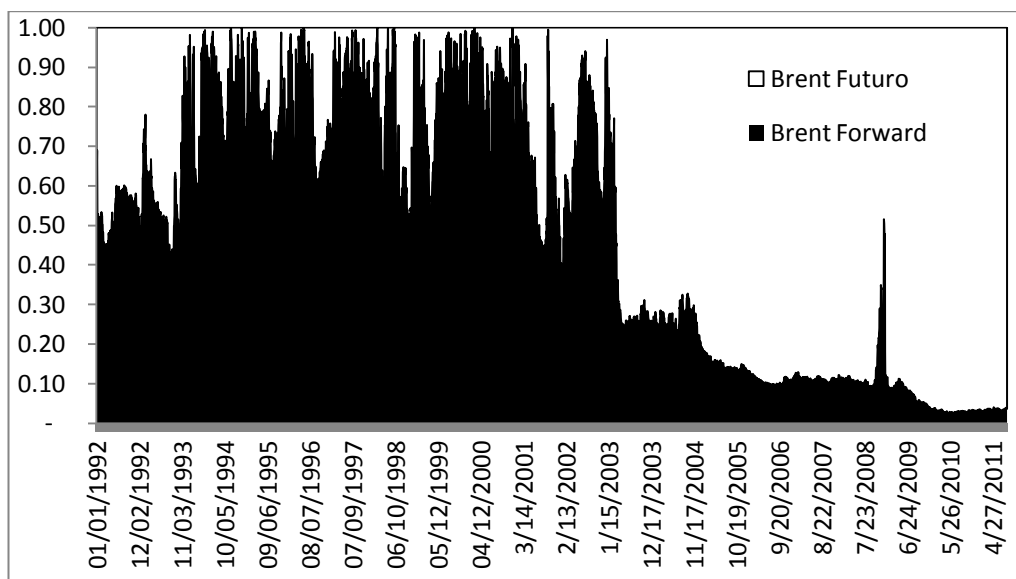


Figura 16 Medida de Price Discovery do Modelo (3)

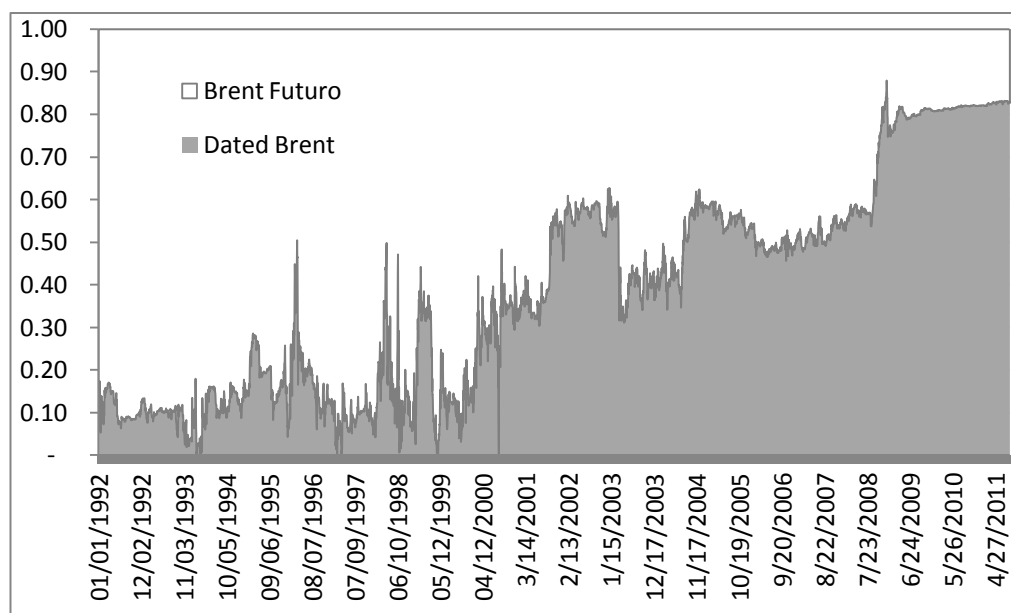


Figura 17 Medida de Price Discovery do Modelo (4)

No caso da análise do modelo (1), é possível concluir da Figura 14 que, apesar de variável no tempo, a medida de *price discovery* apontou para uma contribuição maior do mercado futuro em quase todo o horizonte analisado. Além disso, essa contribuição foi crescente ao longo do tempo, atingindo os patamares mais elevados nos anos 2000. Tal resultado indica que, de uma forma geral, os preços de petróleo no mercado americano sempre tiveram uma grande contribuição dos mercados financeiros para sua formação. Contudo, tal asserção é mais bem discutida na seção seguinte deste capítulo.

No caso da análise do modelo (2), a comparação entre o Brent Datado e o Brent *Forward* mostrada na Figura 15 torna possível concluir que o grau de contribuição de cada um deles para o processo de *price discovery* foi separado em duas fases distintas. Na primeira delas, que vai desde o início da amostra até o ano de 2002, o Brent *Forward* mostrou predominância sobre o Brent Datado na formação de preços de petróleo no mar do Norte. Por outro lado, após esse momento, essa situação se inverteu, com o Brent Datado tornando-se claramente predominante no

processo. Novamente, as próximas seções deste capítulo elucidam os motivos por trás deste resultado.

A análise do modelo (3), que compara o Brent *Forward* e o Brent Futuro, mostra um comportamento similar para o papel do Brent *Forward* ao longo do tempo. De forma similar à Figura 15, a Figura 16 mostra que a contribuição do Brent *Forward* também foi superior até o ano de 2002. A partir daí, em linha, o Brent Futuro tornou-se predominante até o final da amostra.

O modelo (4), que compara o Brent Datado com o Brent Futuro, tem o intuito de fechar a análise do mercado do Brent e o seu resultado é mostrado na Figura 17. Contrariando a análise do modelo (1), para o caso do WTI, o Brent Datado apresentava baixa contribuição em relação ao futuro nos anos iniciais do horizonte analisado. Apesar de baixa, é possível afirmar que essa contribuição já apresentava caráter crescente. A partir do início da década de 2000, a contribuição do Brent Datado ultrapassa o patamar de 0,5 de forma consistente, indicando que ele tornava-se predominante em relação ao futuro. A partir daí, o Brent Datado torna-se predominante frente ao futuro até o final da amostra.

As próximas seções analisam os motivos que justificam estes resultados.

### **3.2 Discussão dos Resultados para o mercado do WTI**

De acordo com a seção anterior, é possível afirmar que a contribuição do mercado futuro para o processo de *price discovery* no mercado do WTI mostrou elevação ao longo do período de análise. Comparando com a série de preços do WTI na Figura 18, é possível identificar que a elevação da dominância do mercado futuro do WTI é coerente com o período a partir do ano 2000 em que a alta dos preços deste petróleo marcador também se acelera. Após as flutuações de preços observadas em

2008, onde o resultado do modelo (1) também mostra uma flutuação do indicador de dominância do mercado futuro no processo de determinação de preços, o padrão observado no período 2000-2007 permanece, com o indicador aproximando-se de mostrar a dominância total do mercado futuro no final do horizonte de tempo analisado.

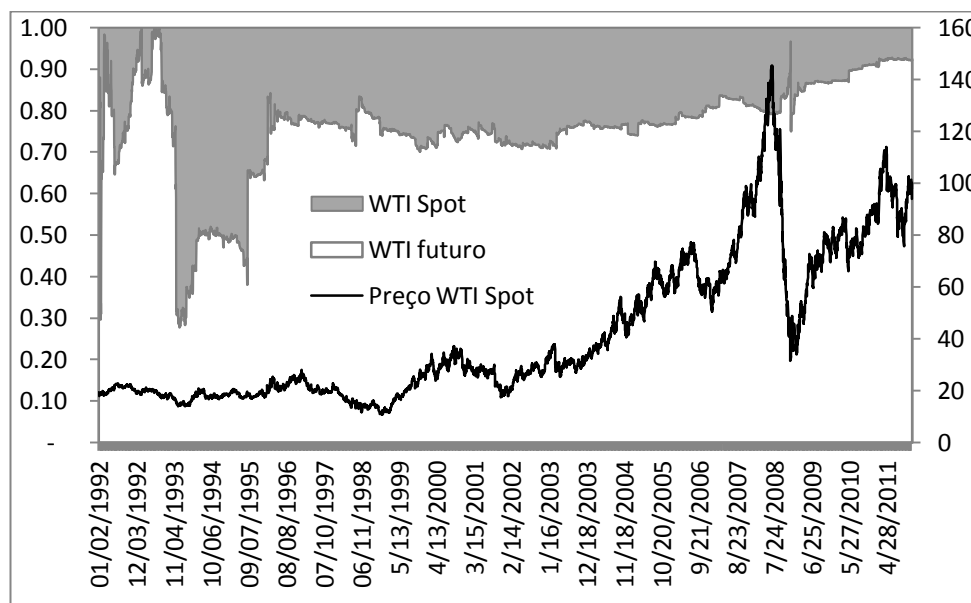


Figura 18 Resultado do Modelo (1) (esq.) em comparação com o Preço Spot do WTI em US\$/bbl (dir.)

No período analisado, o mercado de contratos futuros de WTI sofre transformações na direção de uma ampliação do seu tamanho e do número de participantes. Ao estudarem o grau de cointegração entre os preços de diversas maturidades de contratos futuros de petróleo da NYMEX, BUYUKSAHIN *et al.* (2008) analisam a evolução do número e da tipologia dos participantes desse mercado com base em dados não públicos da Commodity Futures Trading Commission (CFTC) e confirmam essas transformações.

As principais observações realizadas pelos autores supracitados mostram que o número de posições em aberto de opções e futuros de petróleos na NYMEX quintuplicou entre julho de 2000 e o mesmo mês de 2008. Com relação ao número de



participantes (empresas e/ou indivíduos), o número subiu de cerca de 100 em 2000 para mais de 350 em 2007, com queda para 300 em 2008. Em se tratando da tipologia, os agentes comerciais tradicionais, grupo composto de *traders* físicos, produtores e refinadores em sua maioria, abriram espaço para fundos de hedge e negociadores de *swaps* e outros agentes financeiros, representando uma diversificação do perfil dos participantes desse mercado.

Dentro do conjunto de conclusões encontradas pelos autores supracitados a respeito desse mercado, a maior integração entre as diferentes maturidades que compõem a estrutura a termo do petróleo pode ter representado mais uma contribuição para o papel dominante do mercado futuro no processo de *price discovery*. Tal integração pode ter sido uma fonte de informações para a formação do preço do contrato futuro de primeiro mês analisado no presente estudo, aumentando a sua robustez e, por conseguinte a sua possibilidade de tornar-se dominante perante o mercado físico.

KAUFMANN (2011), ao tentar identificar o papel da especulação financeira sobre a elevação dos preços do petróleo no mercado americano, mostra que na alta de preços observada entre 2003 e julho de 2008, elementos particulares do mercado futuro possuíram contribuição relevante. Além de evidências empíricas relacionadas aos estoques de petróleo, que mostraram alta mesmo em um contexto de elevação dos preços, e quebras na relação de cointegração entre os preços spot do petróleo Dubai e o contrato de 5 meses do WTI, o autor afirma a insuficiência de um modelo baseado puramente em “fundamentos” desenvolvido em DÉES *et al.* (2007) para explicar o comportamento recente dos preços. Tal fato seria, portanto, uma evidência de que pressões “especulativas” atuaram sobre o mercado no período corroborando o papel relevante dos mercados futuros para a formação dos preços.

Seguindo abordagem relacionada com a teoria da alocação de portfólio, CIFARELLI E PALADINO (2010) mostram que os agentes financeiros participantes dos mercados futuros influenciaram os preços entre 2003 e 2008, através da identificação de traços de comportamento comum a esse tipo de agente na série de preços. Os autores utilizam métodos empíricos para mostrar que, mais severamente a partir de 2000, os preços do petróleo no mercado americano foram influenciados por estratégias de extrapolação de tendência e que a commodity comportou-se como um bem substituto em relação ao dólar, às ações e aos títulos. Tal comportamento, na visão dos autores, evidencia o caráter de ativo financeiro adquirido pelo petróleo. A aquisição do status de ativo financeiro por parte do petróleo WTI pode ser entendida como uma segunda evidência de predominância da camada financeira do mercado de petróleo (o mercado futuro) sobre as outras.

Em linha com a análise de CIFARELLI E PALADINO (2010), TOKIC (2011) desenvolve um modelo teórico capaz de explicar o comportamento dos agentes que adotaram estratégias de extrapolação de tendências e como esse comportamento resultou em uma bolha de preços de petróleo em 2008. Além disso, ele descreve como os investidores institucionais tiveram um papel na elevação dos preços. Em sua opinião, essa classe de investidores aplicou dinheiro em commodities em resposta às condições macroeconômicas gerais da primeira metade de 2008.

No modelo desenvolvido por TOKIC (2011), que constitui uma adaptação do modelo teórico de formação de bolhas de preços de DELONG *et al.* (1990), é atribuído um tipo de comportamento aos diferentes participantes do mercado de petróleo. Alguns agentes, como os demandantes e os produtores de petróleo, comportam-se de forma racional dentro de uma faixa aceitável de preços e buscam se proteger sempre que existir a perspectiva de que os preços abandonem essa faixa. Entre os especuladores, existem aqueles que seguem as tendências e aqueles que apostam contra as tendências. Um último grupo, importante no horizonte de análise é o dos

investidores passivos, que investem em petróleo sempre que as perspectivas de retorno se mostram superiores às de outras classes de ativos.

Seguindo esse modelo teórico, a cronologia da bolha de 2008 é resultado de uma pressão inicial sobre os preços provocada pelos investidores passivos, que entraram no mercado de petróleo por perceberem um baixo retorno no mercado acionário, baixas taxas de juros e elevada inflação esperada. Em resposta a essa pressão, que elevou os preços para fora da faixa tida como “aceitável”, os produtores de petróleo compraram contratos futuros para desfazer as suas posições de *hedge* enquanto os demandantes compraram contratos para defenderem-se contra a alta de preços. Na visão de TOKIC (2011), os preços subiram de forma contínua como resultado dessas pressões, batendo recordes históricos.

TOKIC (2012) complementa essa análise ao estudar em detalhes o comportamento das diferentes categorias de agentes do mercado de petróleo que constituem o relatório Commitment of Traders da CFTC. Nesse estudo, o autor confirma a hipótese levantada em TOKIC (2011) de que os produtores e consumidores de petróleo impulsionaram os preços nas proximidades do pico de preços em 2008 ao comprarem contratos para desfazer posições curtas e se protegerem contra a alta de preços que estava em curso. Por outro lado, a análise do comportamento das diferentes categorias participantes do mercado não encontra evidências de que grupos de *traders* apostaram contra ou a favor de tendências por um período prolongado de tempo, contrariando parte da hipótese levantada em TOKIC (2011).

A principal mensagem decorrente dessa argumentação reside no fato de que a explicação para os movimento dos preços de petróleo no mercado americano nesse período dependeu fortemente de uma predominância do setor financeiro. Tal resultado é coerente com a evidência empírica obtida por CIFARELLI E PALADINO (2010) de que o petróleo comportou-se como um bem substituto para ações, títulos da

dívida e o dólar e coerente com os resultados da presente dissertação de que os mercados futuros predominaram no processo de determinação dos preços.

Ademais, através da análise da estrutura a termo do mercado futuro de petróleo e das condições de mercado que poderiam atuar sobre o retorno dos agentes financeiros, PARSONS (2010) mostra que, a partir de 2004, a disponibilidade de maturidades mais longas para os contratos futuros incentivaram uma maior participação dos agentes financeiros no “final” da estrutura a termo, resultado em linha com as observações de BUYUKSAHIN *et al.* (2008). Conforme explica PARSONS (2010), uma estrutura a termo em contango gera perdas para o agente financeiro que decide manter a sua posição longa<sup>26</sup>, quando da data de expiração do contrato em que está investindo. Investindo em maturidades mais longas, a frequência com que essas rolagens precisam ser realizadas diminui, resultando em perdas menores. Dessa forma, o fato de o formato da estrutura a termo permanecer em contango<sup>27</sup> por um longo período nesse momento também contribui para uma maior concentração dos agentes financeiros nos contratos de maturidade mais longa.

A concentração de agentes financeiros assumindo posições longas nos contratos finais da estrutura a termo, de liquidez menor em relação aos contratos mais próximos, pode ter resultado em uma pressão sobre o preço desses contratos. Em função da maior integração observada por BUYUKSAHIN *et al.* (2008) entre os contratos do final e do começo da estrutura a termo, essas pressões podem ter sido transmitidas para o contrato de primeiro mês, que é o objeto de análise do presente estudo. Além do mais, tal fato justificaria a afirmativa de PARSONS (2010) de que as

---

<sup>26</sup> Diz-se que um agente financeiro possui uma posição longa no mercado futuro quando ele compra contratos e assume o compromisso de receber uma determinada quantidade de petróleo no futuro. O oposto, ou seja, quando o agente assume uma posição curta no mercado futuro, indica que o agente vendeu contratos e assumiu o compromisso de entregar uma determinada quantidade de petróleo no futuro.

<sup>27</sup> Uma estrutura a termo em contango indica que os preços dos contratos futuros de maturidade mais longa estão mais elevados do que os preços dos contratos futuros mais próximos da data de expiração. A situação oposta define o backwardation.

inovações nos preços do petróleo seriam fruto de inovações no final da estrutura a termo dos preços e do movimento paralelo das curvas futuras no período.

Em relatório solicitado pelo governo americano, a CFTC (INTERAGENCY TASK FORCE ON COMMODITY MARKETS, 2008) argumenta que os fundamentos físicos de oferta e demanda foram os responsáveis pelo comportamento dos preços no período 2003 – 2008. Na visão do relatório, a combinação de uma demanda por petróleo crescente nos países emergentes, dificuldades de expansão da oferta com erosão e concentração da capacidade ociosa de produção na OPEP, a dificuldade em desenvolver um grande volume de produção de energéticos substitutos e a ocorrência de eventos geopolíticos em países detentores de reservas foram os fatores que desencadearam a explosão dos preços do petróleo.

Com relação à evolução dos mercados financeiros, o relatório se baseia em testes de causalidade de Granger para mostrar que, em geral, as mudanças de posição das diferentes classes de ativos foram precedidas por elevações nos preços e não o inverso. Tal fato coincide com resultados similares obtidos na literatura recente que se encarregou de testar relações de causalidade entre as mudanças nas posições em aberto dos agentes financeiros e os preços do petróleo. Alguns exemplares dessa literatura incluem os trabalhos de SANDERS *et al.* (2004), HAIGH *et al.* (2005) e CAVALCANTE (2007).

A proposta de interpretar esses resultados como uma evidência que afasta completamente a influência de elementos do mercado financeiro sobre os preços do petróleo deve ser analisada com cautela. SILVÉRIO (2010) mostra que, para o caso de testes de causalidade com resultado pontual, o horizonte de tempo da amostra utilizada influencia o resultado obtido para a categoria dos *Commodity Swap Dealers*<sup>28</sup>,

---

<sup>28</sup> Em seu relatório Commitment of Traders (CoT), a Commodity Futures Trading Commission (CFTC) mostra o volume de posições em aberto e o tipo de posição de diversas categorias de *traders*. Na versão atual do relatório são quatro categorias. Os chamados

podendo apresentar comportamento similar para outras categorias de agentes. Além disso, o comportamento de agentes financeiros, ao responder a novas informações em termos do setor de petróleo, é um fator que pode influenciar o comportamento dos preços e não é capturado facilmente pela variação do volume de posições em aberto na bolsa. A análise de TOKIC (2011), descrita anteriormente, é um exemplo que tenta identificar causas para a movimentação dos preços no comportamento dos agentes. Apesar de todas as evidências que apontam para o papel de elementos típicos dos mercados financeiros sobre o comportamento dos preços da análise, não é possível abandonar a ideia de que o comportamento dos preços do petróleo ainda reflete em certa medida os acontecimentos do mercado físico, conforme expresso no relatório da INTERAGENCY TASK FORCE ON COMMODITY MARKETS (2008).

Neste sentido, a análise de FATTOUH (2010a) diferencia-se da dicotomia entre especulação e fundamentos, ao afirmar que o petróleo hoje possui uma natureza dual de ativo financeiro e commodity física, permitindo a reconciliação das duas explicações. Quando trata da natureza física, ele atribui os movimentos do petróleo às condições de oferta e demanda e ao nível de estoques, fatores normalmente descritos como os fundamentos do mercado. No entanto, ao tratar da natureza financeira, além do comportamento dos *traders*, das condições macroeconômicas subjacentes e das condições de risco e retorno dos outros mercados, o autor atribui uma ênfase particular às expectativas sobre o desenvolvimento das condições físicas de oferta e demanda na formação dos preços dos contratos futuros.

Tal abordagem associada aos resultados da presente dissertação permite afirmar que o histórico de evolução da contribuição do mercado futuro para o processo

---

“commercials” são aqueles players que realizam trading com o intuito de fazer hedge e adquirir commodities para o curso normal de suas operações. Os “managed money traders” são agentes cuja operação com commodities não é a sua atividade fim, sendo a categoria que mais se aproxima do conceito de especuladores. Os “commodity swap dealers” são players que atuam nos mercados futuros com o intuito de protegerem posições, especulativas ou não, tomadas no mercado de balcão. A categoria “non-reportable” engloba agentes das outras categorias cuja quantidade de posições em aberto não atingiu o mínimo definido pela CFTC para que houvesse o seu detalhamento no relatório CoT (SILVÉRIO, 2010).

de *price discovery* no mercado do WTI pode ser associado à alteração no conjunto de fatores por trás dos movimentos de preços. Seguindo as análises mencionadas ao longo da seção, é possível afirmar que os fatores provenientes da natureza financeira do petróleo tornaram-se cada vez mais importantes para a explicação do movimento de seus preços.

As hipóteses que atribuem, em grande medida, o movimento recente dos preços ao comportamento dos agentes financeiros, às condições de risco e retorno das diversas classes de ativos, às condições subjacentes da macroeconomia e seus impactos sobre a liquidez dos mercados e ao arcabouço regulatório são suportadas pela evidência empírica ora apresentada, pelo menos para o mercado do marcador WTI. Conforme destacado no parágrafo anterior, contudo, não é possível descartar o papel dos fundamentos físicos de oferta e demanda na determinação dos preços do petróleo WTI que, mesmo em um contexto de predominância dos fatores financeiros, se fazem presentes na formação de expectativas dos agentes.

Assim, o caráter dual do petróleo preconizado por FATTOUH (2010a), ao trazer as expectativas sobre as condições de oferta e demanda da indústria para a lista de elementos determinantes dos preços na esfera financeira reduz o significado da dicotomia entre especulação e fundamentos, uma vez que os chamados “fundamentos” exercem o seu papel tanto pelo lado físico quanto pelo lado financeiro. Dessa forma, ambos os lados da discussão especulação/fundamentos podem ser conciliados para a elaboração de um modelo do mecanismo de funcionamento do mercado de petróleo.

Com base nas conclusões supracitadas, a análise da Figura 18 mostra que, entre 2003 e o final de 2007, as condições macroeconômicas e financeiras contribuíram com a alta dos preços do óleo WTI, e as expectativas a respeito dos desenvolvimentos futuros da oferta e da demanda ganharam importância frente às

condições vigentes naquele momento para a determinação destes preços. No ano de 2008, em particular, é possível observar que a predominância da esfera financeira atingiu o ápice no momento mais crítico da crise econômica global, quando os seus possíveis efeitos ainda eram incertos e as expectativas negativas a respeito das variáveis macroeconômicas provocaram uma deflação geral nos preços dos ativos.

A partir do final do ano de 2008 e em todo o ano de 2009, a elevação dos preços ocorreu após a retomada do crescimento do nível de dominância do mercado futuro sobre o preço spot. A observação de tal fenômeno levanta a possibilidade de que a mudança no nível de preços em paralelo com uma mudança no mercado dominante na formação dos preços pode ser resultado de um descolamento entre as percepções dos agentes nos dois mercados. FATTOUH (2010a), ao analisar este período recente de comportamento dos preços, afirma que:

De um lado, o preço spot do petróleo estava relativamente alto, em comparação com os fundamentos do Mercado. De outro lado, o preço spot do petróleo estava relativamente baixo em comparação com as expectativas de longo prazo. Logo, o mercado de petróleo atingiu um estado onde ou as expectativas de longo prazo teriam que se ajustar para baixo, ou os preços na parte inicial da curva teriam que se ajustar para cima (FATTOUH, 2010a).

A retomada da dominância ao longo de todo o ano de 2009 apresenta-se como evidência empírica de que os preços spot se ajustaram em direção às expectativas futuras, e não às condições de oferta e demanda vigentes ao longo do ano, para que a alta de preços observada ao longo de 2009 pudesse ocorrer.

De fato, é possível concluir que os resultados, que mostram uma crescente contribuição dos mercados futuros para o processo de *price discovery* no mercado americano, suportam as explicações de TOKIC (2011), que se apoiam no comportamento dos agentes nos mercados financeiros. Embora não seja possível eliminar completamente o papel dos fundamentos concretos de oferta e demanda por petróleo, é importante atentar para o comportamento de especuladores, investidores institucionais e agentes comerciais. Atenção também deve ser dispensada ao efeito



das condições macroeconômicas sobre esse comportamento. Dessa forma, os resultados do presente estudo para o caso do WTI suportam as conclusões obtidas a partir dos estudos de TOKIC (2011), KAUFMANN (2011), CIFARELLI E PALADINO (2011), PARSONS (2010) e BUYUKSAHIN *et al.* (2008), uma vez que todos esses estudos identificaram elementos nos mercados financeiros capazes de explicar o comportamento dos preços.

### **3.3 *Discussão dos Resultados para o mercado do Brent***

Diferentemente da extensa literatura que buscou estudar o papel de elementos financeiros no comportamento dos preços do petróleo no mercado americano, não existe exemplos notáveis de autores que tenham estudado a mesma relação no caso do mercado do Brent. Uma das contribuições que a presente dissertação pretende oferecer é justamente realizar esse mesmo tipo de análise para o caso do Brent.

Uma possível argumentação para esse fenômeno reside na crença na validade da chamada “lei do preço único” enunciada em ADELMAN (1984). Estudos posteriores, como GULEN (1999), BACHMEIER E GRIFFIN (2006), HAMMOUDEH *et al.* (2008) e EWING E HARTER (2000), buscaram testar empiricamente essa “lei” e apresentaram evidências que a confirmam. Essa “lei” torna possível derivar conclusões gerais a respeito do preço do petróleo através da análise de um marcador representativo, uma vez que todos os preços tendem a se unificar. Dessa forma, em virtude da maior acessibilidade a fontes de dados públicos e da maior transparência do mercado americano na comparação com o mercado do Brent, a literatura a respeito dos preços do petróleo privilegiou o uso do WTI como marcador de referência.

Outro ponto que corrobora esse fenômeno está ligado ao tamanho do mercado financeiro associado ao WTI. Historicamente, conforme visto no capítulo 1, o mercado futuro de petróleo no caso americano estabeleceu-se cinco anos antes da sua contraparte britânica. Com isso, o mercado futuro americano gozou de mais destaque

e, conforme mostram os dados da Figura 19 a seguir, o volume de transações e de posições em aberto (vide, neste caso, a Figura 11) no mercado britânico foi historicamente inferior aos mesmos dados observados no mercado americano. Em termos de transparência, o relatório *Commitment of Traders* (CoT) produzido pela CFTC (BLOOMBERG, 2011d) trouxe informações sobre o tipo de participante no mercado futuro dos EUA, que não estavam disponíveis para os mercados futuros britânicos, em particular o do Brent. Apenas em 2011, um relatório similar começou a ser produzido para o mercado do Brent de forma a permitir uma comparação entre ambos.

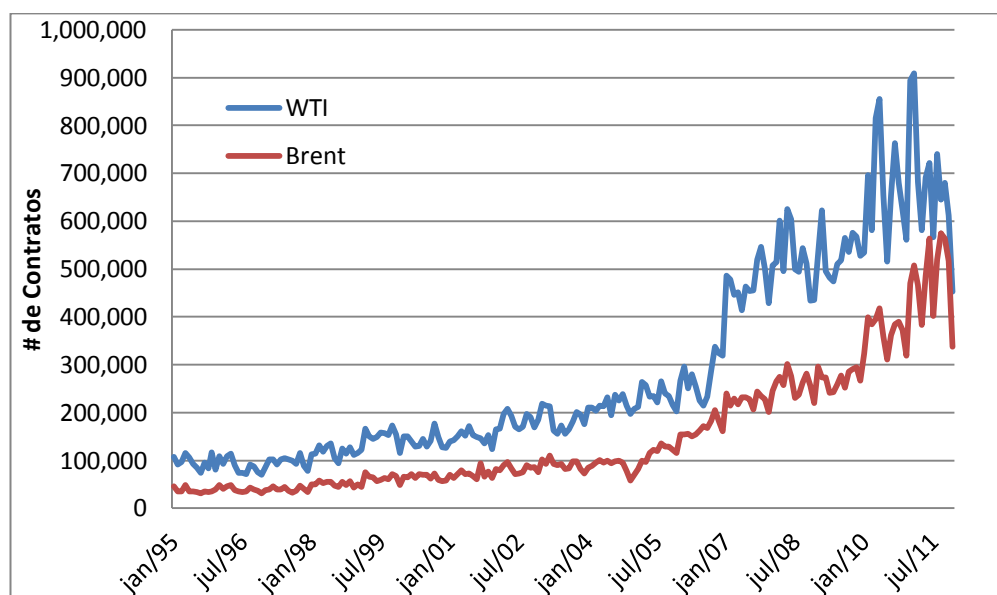


Figura 19 Volume médio mensal transacionado nos mercados futuros da NYMEX e da ICE entre 1995 e 2011 (BLOOMBERG, 2011d)

Dessa forma, com um tamanho maior e com uma maior disponibilidade de informações, o mercado americano foi naturalmente escolhido pela comunidade acadêmica para a realização de pesquisas a respeito da relação do mercado de petróleo com os mercados financeiros. Com base na “lei do preço único”, os resultados obtidos para o WTI teriam uma justificativa para serem extrapolados para outros marcadores.

O fato de os resultados obtidos para o mercado Brent na presente dissertação terem sido diferentes daqueles obtidos para o WTI trazem duas mensagens principais. A primeira delas é a de que, com relação ao papel dos mercados financeiros na determinação de preços não é possível transpor os resultados do mercado americano para o mercado do Brent. A segunda deriva de o resultado ter apontado uma importância maior do Brent *Forward* no período até 2002 e do mercado do Brent datado após essa data. Tal resultado corrobora o fato já encontrado na limitada literatura sobre o tema do reduzido papel do mercado futuro do Brent na determinação de preços no mercado do Mar do Norte.

Outra diferença relevante na comparação entre os casos do Brent e do WTI está na relação com os preços. Enquanto no caso do WTI, conforme mostra o gráfico 17, a relação do resultado de dominância das diferentes camadas de mercado indica um sinal de mercado futuro dominante sobre o preço spot do WTI, que leva a que o preço deste marcador seja influenciado, mesmo com uma defasagem temporal, pela camada financeira do mercado. No caso do Brent, conforme é possível observar nas Figuras 20 a 22, a medida de contribuição para o processo de *price discovery* em cada um dos três modelos aponta para a predominância crescente dos mercados físicos, durante a década, que coincide com o comportamento do preço do Brent. Tal resultado, em princípio, revelaria que os fundamentos de mercado são fatores causais relevantes para o Mar do Norte, coerentemente com o que obtiveram KAUFMANN e ULLMAN (2009). Permanece, porém, a questão acerca de quão conectados estão os mercados dos crus marcadores, e quanto o resultado para um marcador explica o resultado do outro marcador. Os dois marcadores tiveram preços crescentes ao longo da década, contudo a análise isolada de cada um deles demonstra que a camada financeira domina para um e a camada física para outro.

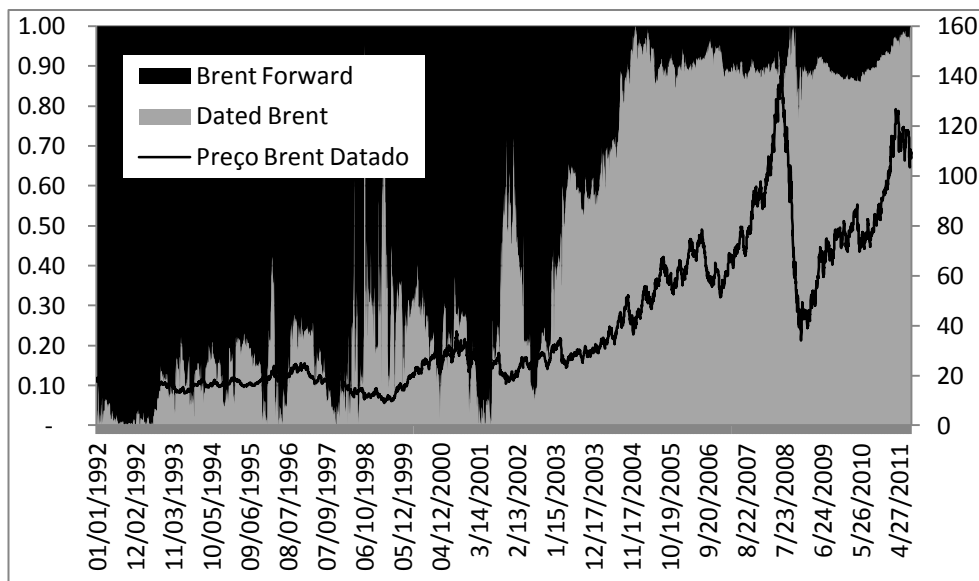


Figura 20 Resultado do Modelo (2) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.)

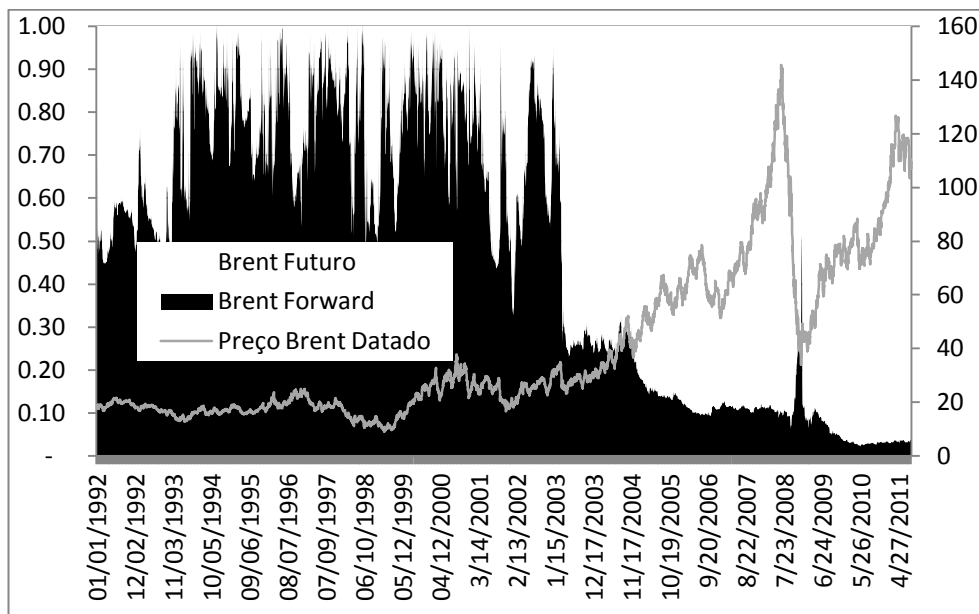


Figura 21 Resultado do Modelo (3) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.)

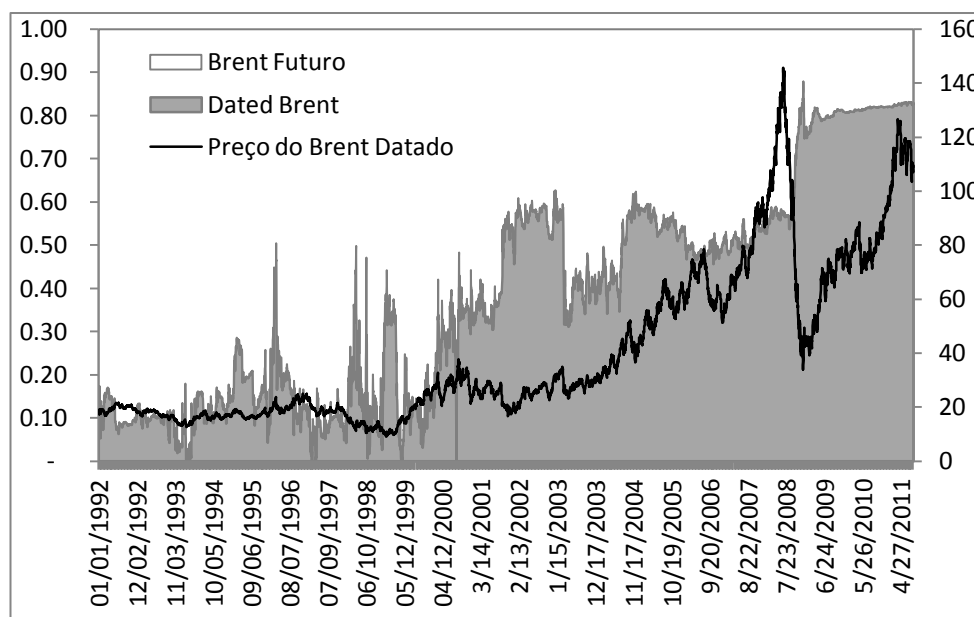


Figura 22 Resultado do Modelo (4) (esq.) em comparação com o Preço do Brent Datado em US\$/bbl (dir.)

Dado o caráter anômalo do mercado futuro do Brent citado por MABRO E HORSNELL (1994), o resultado que mostrou pouca relevância para este mercado na formação de preços pode decorrer da coexistência entre um mercado *forward* e um mercado futuro. E foi justamente o mercado *Forward* que predominou no processo de formação de preços nos primeiros dez anos do horizonte de tempo analisado. Dessa forma, é razoável afirmar que o papel que o mercado futuro representou no caso americano, foi representado pelo Brent *Forward* no caso do mercado do Mar do Norte.

Dadas as similaridades entre mercados *Forward* e Futuros destacadas em KOLB E OVERDAHL (2007), é possível identificar essas características como razão da dominância de mercados *Forward*/Futuros no processo de formação de preços nos períodos iniciais do horizonte analisado. Apesar das diferenças com relação ao tamanho do lote negociado e do método de realização das transações, existiam mais características em comum entre esses mercados do que propriamente diferenças.

Com relação à liquidez, conforme destaca o estudo de GARBADE E SILBER (1983), mercados com liquidez maior tendem a apresentar maior contribuição para o processo de *price discovery*. Esse resultado, decorrente do modelo teórico desenvolvido pelos autores, seria justificado pelo fato de que mercados mais líquidos seriam capazes de produzir um maior fluxo de informações para alimentar o processo de formação do preço.

Outra característica comum a ambos refere-se ao momento no tempo a que se referem os preços transacionados nesses mercados. Tanto o mercado futuro do WTI quanto o mercado *forward* do Brent transacionavam cargas para entrega um mês a frente do momento da negociação. Conforme afirmam BARRERA-REY E SEYMOUR (1996) para o caso Mar do Norte, essa característica incentivava o uso do mercado *forward* por parte dos refinadores, uma vez que esse grau de antecedência fornecia uma janela para o planejamento das operações que o Brent datado, sendo negociado com até 15 dias de antecedência, não fornecia. No caso americano isso era ainda mais relevante, uma vez que a transferência do WTI no mercado físico se dava através de dutos, tornando a janela de antecedência no mercado físico bem menor.

Com relação ao ganho de predominância do Brent Datado a partir de 2002, a linha de argumentação utilizada para justificar a predominância do mercado *Forward* é igualmente válida. Conforme visto no capítulo 1, o ano de 2002 foi um ano de mudanças para o Brent Datado. As duas transformações ocorridas, a ampliação da base física pelo acréscimo de novas correntes e a ampliação da janela de negociação de 15 para 21 dias, podem ter tornado o Brent Datado mais atrativo para uso por parte dos refinadores europeus, assumindo que os 6 dias adicionais tenham sido suficientes para fornecer o grau de antecedência nas transações de que eles necessitavam.

Outro ponto importante é a própria decadência do mercado *Forward*, capturada pelas análises de BARRERA-REY E SEYMOUR (1996) e FATTOUH (2011). As

melhorias no mercado do Brent Datado e a gradual perda de liquidez do mercado *Forward*, que culminou no período 2007-2008, mas já apresentava níveis criticamente baixos por volta de 2002, permitem construir uma explicação razoável para a mudança na camada dominante do mercado do Mar do Norte do *Forward* para o Datado.

Com relação ao mercado futuro, a partir de 2002 ele também passa a dominar o mercado *forward*, embora continue sendo dominado pelo datado. Tal resultado é evidência a favor da ideia de que, mesmo com a decadência do mercado *forward*, o mercado futuro do Brent não se tornou a esfera mais relevante no processo de determinação de preços do mercado do Mar do Norte. Com isso, fatores ligados ao mercado financeiro não seriam a maior das fontes de influência sobre os preços do Brent no mercado do Mar do Norte, com os elementos físicos ainda sendo a componente mais relevante.

Os resultados obtidos para o Brent tornam-se particularmente importantes se for observado o alcance dos seus preços como determinante para fórmulas de preços em outras regiões do globo. Conforme observado no capítulo 1, tem sido observada uma tendência de utilização cada vez maior do Brent como óleo marcador em mercados asiáticos. Tal tendência, à luz dos resultados obtidos para o Brent indicando a dominância dos mercados físicos, permite a conclusão de que o mercado físico do Brent tornou-se relevante também para a determinação dos preços no continente asiático.

### **3.4 Discussão da relação entre o Mar do Norte e o Mercado Americano**

Nas duas seções anteriores, foram discutidas as principais explicações para os resultados obtidos no caso do mercado americano e no caso do mercado do Mar do Norte. No caso americano, o resultado aponta uma prevalência da camada financeira

no processo de formação de preços do WTI, enquanto, no caso do mercado Mar do Norte, mercados de natureza física lideram o processo de determinação de preços. Esses resultados indicam uma diferença fundamental entre os dois mercados e impossibilitam a extensão das conclusões obtidas de um mercado para o outro.

Tal antagonismo é coerente com as conclusões obtidas por KAUFMANN E ULLMAN (2009) em um estudo de causalidade realizado com um grande grupo de petróleos negociados em mercados físicos e financeiros. Os autores chegam à conclusão de que existem dois mercados que atuam como porta de entrada para as inovações nos preços de petróleo no mercado global. O primeiro deles é o mercado futuro do WTI e o segundo é o mercado spot do Dubai. Tal resultado, embora obtido através de uma metodologia diferente da utilizada na presente dissertação, é coerente com os resultados aqui analisados, na medida em que também indica que as inovações de preços no mercado de petróleo são oriundas simultaneamente de mercados físicos e financeiros. Tal coerência é reforçada pelo fato de que, na análise de KAUFMANN E ULLMAN (2009), o petróleo Dubai, que está fora do escopo do presente estudo, é tido como influência direta do mercado do Brent. Dado ao qual os resultados do presente estudo se referem.

A evidência empírica mostrada na figura 13 de que os preços de WTI e Brent apresentam uma tendência aparente comum sugere a necessidade de se estudar a relação causal entre um e outro mercado para que se chegue à resposta definitiva sobre o caráter financeiro ou físico do processo de determinação de preços. A literatura neste tipo de análise, contudo, é relativamente escassa, e tem como principais exemplos os estudos de FIGUEROLA-FERRETI e GONZALO (2008) e ADEINAT (2011).

FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2008) buscam identificar, entre os contratos futuros de 3 meses da NYMEX e da ICE, qual deles apresenta o maior grau



de contribuição para o processo de *price discovery* do fator comum entre eles. Analisando um período que vai de 1988 até 2008, a metodologia do estudo difere da utilizada na presente dissertação, na medida em que utiliza a mesma métrica de *price discovery*, mas não a avalia de forma variável no tempo. Dessa forma, o estudo conclui que o mercado futuro americano predominou sobre o mercado futuro do Mar do Norte no horizonte analisado. Tal estudo representa uma primeira evidência a respeito dessa relação, contudo, faz-se necessário uma análise mais aprofundada no que tange ao teste de diferentes camadas de mercado, e da verificação da ocorrência ou não de mudanças na relação ao longo do tempo.

Outro estudo que trata da mesma relação, mas com metodologia diferenciada, é a análise de ADEINAT (2011). Da mesma forma que o texto de FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2008), o objetivo de ADEINAT (2011) é investigar, entre os contratos futuros da NYMEX e da ICE, qual deles apresenta maior grau contribuição para o processo de *price discovery*. Contudo, a metodologia e o horizonte de tempo apresentam diferenças. ADEINAT (2011) concentra-se no ano de 2008 e busca investigar a relação antes e depois da crise econômica global que eclodiu em setembro daquele mesmo ano e em identificar causas que ajudem a explicar qual o mercado dominante. Com relação à metodologia, ela utiliza a mesma metodologia da presente dissertação em dados de preços obtidos em intervalos de 5 minutos, o que torna a amostra robusta mesmo no pequeno horizonte de tempo. Para identificar os causadores da dominância, ela utiliza de análise de regressão multivariada, testando um conjunto de fatores como liquidez, custos de transação e volatilidade.

Ao apontarem a dominância do mercado futuro da NYMEX, os resultados obtidos por ela são coerentes com a análise de FIGUEROLA-FERRETI E GONZALO (2008). Além disso, os resultados indicam certo grau de variabilidade no grau de contribuição do mercado da NYMEX para o processo de *price discovery*, antes e depois da crise econômica global e na mudança dos fatores por trás da maior

dominância do mercado da NYMEX sobre o da ICE. Novamente, faz-se necessário uma análise mais aprofundada no que tange ao teste de diferentes camadas de mercado. A comparação entre dois mercados financeiros pode ser considerada insuficiente para uma análise mais conclusiva da relação entre as praças do Mar do Norte e dos EUA, uma vez que a esfera física e os mercados *forward* predominaram sobre a esfera puramente financeira no caso da primeira praça.

A aparente desconexão observada após 2009 entre os mercados do Mar do Norte e dos EUA é outro ponto que dificulta ainda mais a análise da relação entre eles, através do uso da metodologia de *price discovery* aplicada na presente dissertação e nos estudos mencionados nos parágrafos anteriores. Conforme é possível observar na Figura 23, a relação entre os preços do Brent e do WTI foi estável ao longo da maior parte do histórico recente. Contudo, nos últimos anos, as flutuações no spread entre os dois petróleos tornaram-se cada vez mais frequentes e cada vez mais intensas.

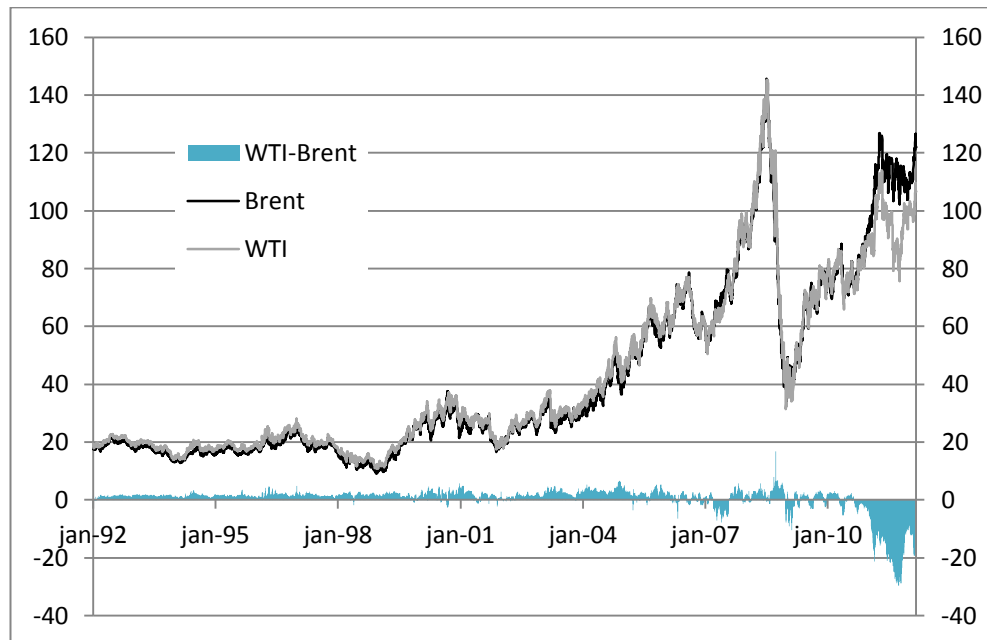


Figura 23 Preços do WTI Spot, do Brent Datado e da diferença entre eles no período 1992-2011 em US\$/bbl (BLOOMBERG, 2011a) e (BLOOMBERG, 2011b)

Na análise de VERLEGER (2011), que estudou o período que se encerra no final de 2010, a motivação para essa mudança está na alteração do mercado marginal onde se forma o preço de petróleo. Os preços no mercado americano passaram a ser negociados com desconto em relação aos preços dos petróleos no Mar do Norte, porque os EUA deixaram de ser o mercado onde o barril marginal de petróleo é transacionado. Tal mudança estrutural justificaria a mudança do patamar histórico de cerca de US\$2/bbl de prêmio do WTI em relação ao Brent para descontos da mesma ordem de grandeza, cada vez mais frequentes e duradouros.

No ano de 2011, contudo, outras circunstâncias somaram-se a essa quebra estrutural para que o desconto do WTI em relação ao Brent atingisse recordes históricos da ordem de mais de US\$ 20/bbl. Conforme descrito no Capítulo 1, as restrições logísticas que impediram o excesso de petróleo produzido no PADD 2 dos EUA fluir para outras regiões do país colocaram em destaque os custos de deslocamento do petróleo, que, destarte, podem ter se tornado o principal item a explicar o desconto do WTI em relação ao Brent.

Esses novos condicionantes estruturais na relação entre os mercados do Mar do Norte e dos EUA não tendem a apresentar um comportamento estável por estarem associados a condições de mercado que podem se modificar nos próximos anos. Por isso, justifica-se a afirmativa de que a atual desconexão entre os preços do Brent e do WTI dificulta a análise da relação entre eles. Tais complicadores inserem novas componentes a serem analisadas na relação entre os dois crus marcadores, que não estão presentes no arcabouço teórico-metodológico aplicado na presente dissertação, impossibilitando a extensão da análise ao caso da relação entre o Brent e o WTI de forma plena.

## **Conclusões**

A presente dissertação teve por objetivo estudar a relação entre as camadas físicas e financeiras dos dois principais *benchmarks* do mercado de petróleo mundial. Através de uma análise de *price discovery*, foi possível identificar qual a camada que liderava a(s) outra(s) no processo de formação de preços em cada um dos principais mercados, o Americano e o do Mar do Norte. Para tal, foi adotada uma metodologia de mensuração de *price discovery* variável no tempo, que buscava identificar, a partir das séries de preços em cada uma das camadas analisadas, qual era a que mais contribuía para a formação de um fator de preços comum entre elas em cada instante no tempo, sendo esta considerada a camada dominante.

Tal metodologia, frequentemente utilizada em estudos de análise de *price discovery*, foi escolhida com base na sua difusão na literatura, na sua coerência com o conceito que se pretendia analisar e na sua adequação à base de dados disponível. Entre os seus principais méritos, estão a sua fácil operacionalização e a possibilidade de obtenção de resultados variáveis no tempo. A principal limitação do método adotado, por outro lado, é a dependência da existência de uma relação de longo prazo entre as séries analisadas e a dificuldade de interpretação de seus resultados, se aplicada a três ou mais séries de preços. Para ultrapassar esta última limitação, na presente dissertação ela foi aplicada apenas a pares de séries.

Além desta limitação principal, é possível afirmar que a metodologia não é capaz de conferir visibilidade aos diferentes aspectos institucionais referentes à estrutura dos mercados analisados. Dessa forma, ainda que seja possível identificar qual a camada de mercado dominante nos diferentes momentos do tempo, o método utilizado não permite atribuir quais os fatores institucionais foram responsáveis pelos resultados. Destarte, respeitado o escopo do presente trabalho, essa tentativa de identificar os fatores institucionais por trás dos resultados foi realizada de forma qualitativa, com base na literatura.

Os principais resultados obtidos para o mercado americano, ou para o óleo marcador WTI, mostraram coerência com grande parte da literatura sobre o tema, independente da metodologia aplicada e do objetivo primário do estudo analisado. A presente dissertação identificou que a esfera financeira foi a predominante no processo de formação de preços de petróleo nesse mercado pela maior parte do tempo, mostrando influência crescente no horizonte de tempo analisado.

É provável que uma das justificativas para esse resultado seja o desenvolvimento acelerado do mercado financeiro do WTI. Esse, por sua vez, é evidenciado pelo crescimento no número de participantes e pelo surgimento de instrumentos de negociação cada vez mais sofisticados, movimento que se intensificou após o Commodity Futures Modernization Act (CFMA) de 2000. Com isso é possível inferir que fatores específicos dos mercados financeiros, como o comportamento de instituições financeiras, por exemplo, podem ser mencionados para explicar as flutuações dos preços de petróleo nesses mercados. Além disso, é importante mencionar que as expectativas a respeito dos fundamentos de demanda e oferta no futuro também são elementos específicos dos mercados financeiros. Tal assertiva relativiza, portanto, a simples dicotomia entre as esferas física e financeira.

No caso do mercado do Mar do Norte, os resultados não puderam ser comparados com uma ampla literatura sobre o tema, em virtude do número limitado de estudos que analisaram esse mercado em maior profundidade, para identificar o papel de sua esfera financeira na formação de preços. Vale ressaltar que expandir a literatura relativa a esse tema é uma das contribuições almejadas pelo presente estudo. No caso do Brent, os resultados apontaram que os mercados *forward* tiveram papel predominante em todo o período até o ano de 2002, ocorrendo nesse ano uma substituição pelo mercado Brent Datado, que perdurou como dominante até o final do horizonte de análise.

Para o Brent, os mercados com apelo físico (e nessa categoria é possível incluir os mercados *forward*) sempre mantiveram papel dominante no processo de formação de preços. Com isso, é possível afirmar que a esfera financeira nunca gozou de um papel de destaque no mercado do Mar do Norte e que os fatores relacionados aos fundamentos físicos de oferta e demanda de petróleo naquele mercado predominaram na formação de seus preços.

Em face da divergência entre os resultados do Brent e do WTI e da relativa proximidade com que os preços nos dois mercados se movimentaram, o questionamento a respeito da dominância da esfera financeira ou da esfera física em escala global dependeria de uma análise da relação entre ambos. Embora existam aplicações de metodologias similares à utilizada na presente dissertação para analisar a relação entre os mercados do Mar do Norte e dos EUA, estas apresentam limitações com relação ao horizonte de tempo analisado, à falta de uma análise variável no tempo e a não utilização de camadas físicas de preços em seus testes estatísticos.

Além das referidas limitações, outro ponto que impossibilita a aplicação da mesma metodologia para o caso da relação entre o Brent e o WTI reside na impossibilidade de utilizar a referida metodologia para analisar pares de séries de preços cuja relação de longo prazo passou por mudanças estruturais. Dessa forma, a primeira recomendação de estudo futuro da presente dissertação consiste no desenvolvimento de uma metodologia de análise capaz de levar em consideração as mudanças estruturais ocorridas na relação entre o Brent e o WTI, para poder realizar o mesmo tipo de análise realizado entre as esferas físicas e financeiras de cada um desses mercados. Com relação ao desconto do WTI em relação ao Brent, o impacto da formação de estoques em Cushing sobre a magnitude do desconto seria outro ponto importante a ser analisado. Da mesma forma, uma avaliação mais detalhada da evolução da indústria de petróleo norte-americana em termos de produção e deslocamento de óleos se torna necessária.

Outro ponto plausível de investigação no futuro seria o aprimoramento do estudo das causas da dominância da esfera financeira no processo de formação de preços no mercado americano e da dominância de esferas físicas no processo de formação de preços no mercado do Mar do Norte, além do que esta dissertação buscou fazer.

No que tange à metodologia, reside a última recomendação de estudo a ser realizado a partir da presente dissertação. No caso do mercado do Mar do Norte, a frequente utilização do Brent Weighted Average (B-Wave) como referência de preços em fórmulas de preços ao redor do mundo poderia justificar a sua utilização, ao invés do contrato futuro de primeiro mês como série de preços representativa da esfera financeira.

## ***Referências Bibliográficas***

- ADEINAT, I. Two Essays on Oil Futures Markets. **University of New Orleans Theses and Dissertations**, 20 maio 2011.
- ADELMAN, M. A. International Oil Agreements. **The Energy Journal**, v. 5, n. 3, p. 1–10, 1984.
- ARAUJO, J. L. DE; GHIRARDI, A. Substitution of petroleum products in Brazil Urgent issues. **Energy Policy**, v. 15, n. 1, p. 22–39, fev 1987.
- ARGUS. Saudis Abandon WTI, But Marker Retains Status. **Argus Weekly Petroleum**, 2011.
- BACHMEIER, L. J.; GRIFFIN, J. M. Testing for Market Integration: Crude Oil, Coal, and Natural Gas. **The Energy Journal**, v. 27, n. 2, p. 55–72, 2006.
- BARRERA-REY, F.; SEYMOUR, A. The Brent Contract for Differences (CFD): A Study of an Oil trading Instrument, its Market and its influence on the Behaviour of Oil prices. **OIES WORKING PAPERS SP**, v. 5, 1996.
- BEKIROU, S. D.; DIKS, C. G. H. The relationship between crude oil spot and futures prices: cointegration, linear and nonlinear causality. **Energy Economics**, v. 30, n. 5, p. 2673–2685, 2008.
- BELSLEY, D. A.; KUTI, E. **Time-varying parameter structures: An overview**. [S.l.]: NBER, 1973.
- BIELECKI, J. Energy security: is the wolf at the door? **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 42, n. 2, p. 235–250, Summer 2002.
- BLOOMBERG. **Historical Price Graph for Dated Brent**. . [S.l: s.n.]. . Acesso em: 4 nov. 2011, 2011a
- BLOOMBERG. **Historical price graph for West Texas Intermediate**. . [S.l: s.n.]. . Acesso em: 4 nov. 2011, 2011b
- BLOOMBERG. **Historical Open Interest and Volume Graph for Light Sweet Crude Oil Futures**. . [S.l: s.n.]. . Acesso em: 4 nov. 2011, 2011c
- BLOOMBERG. **Historical Open Interest and Volume Graph for Brent Futures**. . [S.l: s.n.]. . Acesso em: 4 nov. 2011, 2011d
- BOLDRINI, J. L. **Álgebra linear**. [S.l.]: HARBRA, 1986.
- BP. **Statistical Review of the World Energy 2011**. . [S.l: s.n.]. , 2011
- BRENNAN, M. J. The supply of storage. **The American Economic Review**, v.



48, n. 1, p. 50–72, 1958.

BUYUKSAHIN, B.; HAIGH, M.; HARRIS, J.; OVERDAHL, J.; ROBE, M. **Fundamentals, trader activity and derivative pricing**. EFA 2009 Bergen Meetings Paper. **Anais...** [S.l: s.n.], 2008

CALABRE, S. Futures Markets and the Two Dimensions of Instability in Commodity Markets: The Oil Experience. **Energy Studies Review**, v. 3, n. 3, p. 3, 1991.

CAPORALE, G. M.; CIFERRI, D.; GIRARDI, A. Time-Varying Spot and Futures Oil Price Dynamics. **SSRN eLibrary**, abr 2010.

CAVALCANTE, M. **Preços do petróleo e bolhas especulativas: algumas evidências para o mercado de WTI**. . [S.l.]: University Library of Munich, Germany. Disponível em:

<<http://econpapers.repec.org/paper/pramprapa/28582.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2012, 2007

CHASSARD, C.; HALLIWELL, M. NYMEX crude oil futures market: An analysis of its performance. [S.l: s.n.], 1986.

CHEVALLIER, J. Spéculation et marchés dérivés du pétrole. 2010a.

CHEVALLIER, J. Etudes économétriques récentes réalisées à partir des données de la CFTC. 2010b.

CHEVALLIER, J.-M. Rapport du groupe de travail sur la volatilité des prix du pétrole. **Rapport du Ministère de L'économie de L' Industrie et de L' emploi**, p. 2010, [S.d.].

CIFARELLI, G.; PALADINO, G. Oil price dynamics and speculation. **Energy Economics**, v. 32, n. 2, p. 363–372, mar 2010.

COOPER, M. N. Failure of Federal Authorities to Protect American Energy Consumers from Market Power and Other Abusive Practices, The. **Loy. Consumer L. Rev.**, v. 19, p. 315, 2006.

DÉES, S.; KARADELOGLOU, P.; KAUFMANN, ROBERT K.; SÁNCHEZ, M. Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model. **Energy Policy**, v. 35, n. 1, p. 178–191, jan 2007.

DELONG, J.D., SHLEIFER, A., SUMMERS, L.H., WALDMANN., R., Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation. **Journal of Finance**, v. 45, n. 2, p. 379–395, 1990.

DOE. **Annual Energy Outlook 2011**. . [S.l: s.n.], 2011a

DOE. **This Week in Petroleum: 2011 in Review**. . [S.l: s.n.]. , 2011b

DOMANSKI, D.; HEATH, A. Financial Investors and Commodity Markets. **SSRN eLibrary**, 2007

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. Hoboken, NJ: Wiley, 2010.

ENERGY INTELLIGENCE. BP For, Shell Wary of Platts' Brent Revolution. **Petroleum Intelligence Weekly**, 2002.

ENERGY INTELLIGENCE. Choppy Waters. **Petroleum Intelligence Weekly**, 2007.

ENERGY INTELLIGENCE. Saudis Abandon WTI, But Marker Retains Status. **Petroleum Intelligence Weekly**, 2009.

ENERGY INTELLIGENCE. ICE Responds Quickly to Platts Brent Change. **Petroleum Intelligence Weekly**, 2011a.

ENERGY INTELLIGENCE. **The International Crude Oil Market Handbook**. [S.l: s.n.], 2011b.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. **Econometrica**, v. 55, n. 2, p. 251–76, 1987.

EUN, C. S.; SABHERWAL, S. Cross-Border Listings and Price Discovery: Evidence from U.S.-Listed Canadian Stocks. **The Journal of Finance**, v. 58, n. 2, p. 549–576, 1 abr 2003.

EWING, B.; HARTER, C. L. Co-movements of Alaska North Slope and UK Brent crude oil prices. **Applied Economics Letters**, v. 7, n. 8, p. 553–558, 2000.

FATTOUH, B. The drivers of oil prices: the usefulness and limitations of non-structural model, the demand-supply framework and informal approaches. **OIES WORKING PAPERS WPM**, v. 32, 2007.

FATTOUH, B. Oil Market Dynamics Through the Lens of the 2002-2009 Price Cycle. **OIES WORKING PAPERS WPM**, v. 39, 2010a.

FATTOUH, B. The dynamics of crude oil price differentials. **Energy Economics**, v. 32, n. 2, p. 334–342, mar 2010b.

FATTOUH, B. An Anatomy of the Crude Oil Pricing System. **OIES WORKING PAPERS WPM**, v. 40, 2011.

FIGUEROLA-FERRETTI, I.; GONZALO, J. Modelling and measuring price discovery in commodity markets. **Journal of Econometrics**, v. 158, n. 1, p. 95–

107, 2010.

FIGUEROLA-FERRETTI, I.; GONZALO, J. Modelling and Measuring Price Discovery for Precious Metals. [S.d.].

FIGUEROLA-FERRETTI, I. Donde se generan los precios que lideran los mercados. **Bolsa**, 2007.

FIGUEROLA-FERRETTI, I.; GONZALO, J. Modelling and Measuring Price Discovery on the NYMEX and IPE Crude oil Markets. **Universidad Carlos 3 de Madrid, Working Paper**, 2008.

FOSTER, A. J. Price discovery in oil markets: a time varying analysis of the 1990-1991 Gulf conflict. **Energy economics**, v. 18, n. 3, p. 231–246, 1996.

FRIJNS, B.; SCHOTMAN, P. Price discovery in tick time. **Journal of Empirical Finance**, v. 16, n. 5, p. 759–776, dez 2009.

GARBADE, K. D.; SILBER, W. L. Dominant and satellite markets: a study of dually-traded securities. **The Review of Economics and Statistics**, v. 61, n. 3, p. 455–460, 1979.

GARBADE, K. D.; SILBER, W. L. Price movements and price discovery in futures and cash markets. **The Review of Economics and Statistics**, v. 65, n. 2, p. 289–297, 1983.

GONZALO, J.; GRANGER, C. W. J. Estimation of Common Long-Memory Components in Cointegrated Systems. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 13, n. 1, p. 27–35, 1995.

GONZALO, J.; NG, S. A systematic framework for analyzing the dynamic effects of permanent and transitory shocks. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 25, n. 10, p. 1527–1546, out 2001.

GREENE, D. L. Measuring energy security: Can the United States achieve oil independence? **Energy Policy**, v. 38, n. 4, p. 1614–1621, abr 2010.

GREENE, D. L.; JONES, D. W.; LEIBY, P. N. The outlook for US oil dependence. **Energy Policy**, v. 26, n. 1, p. 55–69, jan 1998.

GULEN, S. G. Regionalization in the World Crude Oil Market: Further Evidence. **The Energy Journal**, v. 20, n. 1, p. 125–140, 1999.

HAIGH, M.; HRAIANOVA, J.; OVERDAHL, J. **Price Dynamics, Price Discovery and Large Traders Interactions in the Energy Complex**. . Washington, D.C.: Commodity Futures Trading Commission. , 2005

HAMILTON, J. D. Chapter 50: State-space models. **Handbook of**

**Econometrics**. [S.l.]: Elsevier, 1994. v. Volume 4p. 3039–3080.

HAMMOUDEH, S. M.; EWING, B. T.; THOMPSON, M. A. Threshold Cointegration Analysis of Crude Oil Benchmarks. **The Energy Journal**, v. 29, n. 4, p. 79–96, 2008.

HASBROUCK, J. One Security, Many Markets: Determining the Contributions to Price Discovery. **Journal of Finance**, v. 50, n. 4, p. 1175–99, 1995.

HASBROUCK, J. Intraday Price Formation in U.S. Equity Index Markets. **The Journal of Finance**, v. 58, n. 6, p. 2375–2400, 1 dez 2003.

HENDRY, D. F.; JUSELIUS, K. Explaining Cointegration Analysis: Part I. **The Energy Journal**, v. 21, n. 1, p. 1–42, 2000.

HENDRY, D. F.; JUSELIUS, K. Explaining Cointegration Analysis: Part II. **The Energy Journal**, v. 22, n. 1, p. 75–120, 2001.

HORSNELL, P. Oil Pricing Systems. **Oxford Energy Comment**, 2000.

HOURANI, A. **Historia dos Povos Árabes (Ed de Bolso)**. [S.l.]: Companhia de Bolso, 2006.

HUANG, B. N.; YANG, C.; HWANG, M. The dynamics of a nonlinear relationship between crude oil spot and futures prices: A multivariate threshold regression approach. **Energy Economics**, v. 31, n. 1, p. 91–98, 2009.

IHS CERA. **The Flood: How Will the North American Light Crude Market Rebalance**. , Global Oil Service. [S.l: s.n.]. , 2011

INTERAGENCY TASK FORCE ON COMMODITY MARKETS. **Interim Report on Crude Oil**. . Washington, D.C.: [s.n.]. , 2008

KAUFMANN, R.K. The role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 105–115, 2011.

KAUFMANN, R.K.; ULLMAN, B. Oil prices, speculation, and fundamentals: Interpreting causal relations among spot and futures prices. **Energy Economics**, v. 31, n. 4, p. 550–558, jul 2009.

KIM, C.H. Price Discovery in Crude Oil Prices. **Department of Economics, University of Washington, Working Paper**, 2011.

KIM, C.H. **Essays on Price Discovery**. Department of Economics, University of Washington, PhD Thesis, 2011.

KOLB, R. W.; OVERDAHL, J. A. **Futures, options, and swaps**. Malden, MA: Blackwell Pub., 2007.

LEHMANN, B. N. Some desiderata for the measurement of price discovery

across markets. **Journal of Financial Markets**, v. 5, n. 3, p. 259–276, 2002.

LONG, J. B. DE; SHLEIFER, A.; SUMMERS, L. Positive Feedback Investment Strategies and Destabilizing Rational Speculation. **Journal of Finance**, v. 45, n. 2, p. 379–95, 1990.

MABRO, R. On Oil price concepts. **OIES WORKING PAPERS WPM**, v. 3, 1984.

MABRO, R. Netback Pricing and The oil Price collapse of 1986. **OIES WORKING PAPERS WPM**, v. 10, 1987.

MABRO, R. The International Oil Price Regime. **The Journal of Energy Literature**, v. 11, n. 1, p. 3–20, 2005.

MABRO, R. **Oil in the twenty-first century: issues, challenges and opportunities**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

MABRO, R. **18 Propositions (Not Woodrow Wilson's)**. . Oxford, UK: [s.n.], 2009

MABRO, R.; CHADWICK, M.; BACON, R.; HALLIWELL, M.; LONG, D. **The Market for North Sea crude oil**. Oxford; New York: Published by the Oxford University Press for the Oxford Institute for Energy Studies, 1986.

MABRO, R.; HORSNELL, P. **Oil markets and prices : the Brent market and the formation of world oil prices**. Oxford: Oxford Univ. Press for the Oxford Inst. for Energy Studies, 1994.

MASLYUK, S.; SMYTH, R. Unit root properties of crude oil spot and futures prices. **Energy Policy**, v. 36, n. 7, p. 2591–2600, 2008.

MEINHOLD, R. J.; SINGPURWALLA, N. D. Understanding the Kalman filter. **American Statistician**, p. 123–127, 1983.

PARSONS, J. E. Black gold and fool's gold: speculation in the oil futures market. **Economía**, v. 10, n. 2, p. 81–116, 2010.

PLATTS. The increasing divergence of WTI pricing from world markets. **Platts Market Issues**, 2009.

PLATTS. Dated Brent: The pricing Benchmark for Asia-Pacific Sweet crude Oil. **Market Issues**, 2011a.

PLATTS. **Platts Global Alert**. . [S.l: s.n.], 2011b

PLATTS. Crude Oil. **Methodology and Specifications Guide**, 2012.

PULITANO, G.; BORGUCCI, E. Precio spot y precio futuro de los marcadores Brent y WTI: Comportamiento y determinantes. **Economía**, v. 35, n. 29, p. 173–

208, 2010.

PURVIN & GERTZ. **The role of WTI as a crude oil Benchmark.** . [S.l: s.n.]. , 2010

QUAN, J. Two-step testing procedure for price discovery role of futures prices. **Journal of Futures Markets**, v. 12, n. 2, p. 139–149, 1 abr 1992.

SANDERS, D. R.; BORIS, K.; MANFREDO, M. Hedgers, funds, and small speculators in the energy futures markets: an analysis of the CFTC's Commitments of Traders reports. **Energy Economics**, v. 26, n. 3, p. 425–445, maio 2004.

SCHIPPER, L. Sustainable Urban Transport in the 21st Century: A New Agenda. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1792, n. -1, p. 12–19, 2002.

SCHWARZ, T. V.; SZAKMARY, A. C. Price discovery in petroleum markets: Arbitrage, cointegration, and the time interval of analysis. **Journal of Futures Markets**, v. 14, n. 2, p. 147–167, 1 abr 1994.

SILVÉRIO, R. **The Role of Financial Agents in 2006-2008 Oil price Rise: Evidence from New Commitment of Traders Report Methodology.** . Rio de Janeiro: [s.n.]. , 2010

SILVERIO, R.; SZKLO, A. The Effect of the Financial Sector on the Evolution of Oil Prices: Analysis of the contribution of the futures market to the price discovery process in the WTI spot market. Artigo submetido à **Energy Economics**. 2012

SMITH, T. US Energy Policy in a Changing Market Environment. **Federal Reserve Bank of Kansas City**, 1986.

SO, R. W.; TSE, Y. Price discovery in the hang seng index markets: Index, futures, and the tracker fund. **Journal of Futures Markets**, v. 24, n. 9, p. 887–907, 1 set 2004.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. Testing for common trends. **Journal of the American Statistical Association**, v. 83, n. 404, p. 1097–1107, 1988.

THEISSEN, E. Price discovery in floor and screen trading systems. **Journal of Empirical Finance**, v. 9, n. 4, p. 455–474, nov 2002.

TOKIC, D. Rational destabilizing speculation, positive feedback trading, and the oil bubble of 2008. **Energy Policy**, v. 39, n. 4, p. 2051–2061, abr 2011.

TOKIC, D. Speculation and the 2008 oil bubble: The DCOT Report analysis.

**Energy Policy**, v. 45, n. 0, p. 541–550, jun 2012.

VARIAN, H. R. **Microeconomia princípios básicos - uma abordagem moderna**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

VERLEGER, P. K. The Margin, Currency, and the Price of Oil. **Business Economics**, v. 46, n. 2, p. 71–82, 1 abr 2011.

YAN, B.; ZIVOT, E. The dynamics of price discovery. **Department of Economics, University of Washington, Working Paper**, v. 26, 2007.

YAN, B.; ZIVOT, E. A structural analysis of price discovery measures. **Journal of Financial Markets**, v. 13, n. 1, p. 1–19, 2010.

YERGIN, D. **The prize : the epic quest for oil, money, & power**. New York: Free Press, 2009.