

ALTERAÇÕES DE ESTRUTURA NOS MERCADOS: O EXEMPLO DO PETRÓLEO

LUÍS AGOSTINHO

a61277@ualg.pt

Licenciado em Gestão de Empresas pela Faculdade de Economia da Universidade do Algarve (FE UAlg). Mestre em Finanças pela FE UAlg. Quadro do Banco de Portugal (Portugal), desempenha funções no Departamento de Emissão e Tesouraria. As suas áreas de interesse são os mercados energéticos.

CRISTINA VIEGAS

colivei@ualg.pt

Licenciada em Gestão de Empresas pela Universidade do Algarve, possui um Mestrado em Gestão pelo Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG) da Universidade de Lisboa e um Doutoramento em Gestão, com especialização em Finanças e Contabilidade, pela Universidade do Algarve. Atualmente, é Diretora da Licenciatura em Gestão de Empresas na Faculdade de Economia da Universidade do Algarve (Portugal), onde também é professora. Leciona unidades curriculares na área das finanças nos cursos de Licenciatura em Gestão de Empresas, em Economia e em Matemática Aplicada à Economia e Gestão, bem como nos Mestrados em Finanças e em Gestão de Marketing. A sua pesquisa foca-se em mercados financeiros, derivados financeiros, opções reais e matemática financeira. Tem publicado o seu trabalho em várias revistas nacionais e internacionais, como Quantitative Finance, The Journal of Risk Finance, Tourism - An International Interdisciplinary Journal e o International Journal of Financial Studies.

HENRIQUE MORAIS

hnmorais@gmail.com

Licenciado em Economia pela Universidade Técnica de Lisboa / Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG). Mestre em Economia Internacional pelo ISEG. Doutor em Relações Internacionais: Geopolítica e Geoeconomia pela Universidade Autónoma de Lisboa. Quadro do Banco de Portugal (Portugal), onde desempenha funções de Coordenador da Área de Inovação e Suporte do Departamento de Mercados. Foi Presidente da Comissão Executiva e Administrador da Invesfer S.A., uma empresa do Grupo REFER, e ainda Administrador e Diretor Executivo da CP Carga. Professor na Universidade Autónoma de Lisboa, UAL (nos Departamentos de Ciências Económicas e Empresariais e Relações Internacionais) e no MBA em Corporate Finance da Universidade do Algarve. É ainda membro do Observatório de Relações Exteriores da UAL, onde tem estado envolvido em vários projetos de investigação, bem como na participação assídua nas várias edições do Janus -Anuário de Relações Exteriores..

Resumo

A importância dos combustíveis fósseis na oferta mundial de energia e a relação entre as suas flutuações e os fenómenos geoeconómicos e geopolíticos, tornam aliciante analisar as forças maiores por detrás do comportamento, amiúde inesperado, do preço do petróleo. É objetivo deste trabalho estudar os acontecimentos socioeconómicos contemporâneos a alterações de estrutura no preço do petróleo, que com elas possam indiciar relações de causalidade. Neste estudo é utilizada a metodologia de Bai & Perron para a deteção de alterações de estrutura. A amostra consiste em observações dos preços de fecho de contratos de futuros negociados nos EUA, West Texas Intermediate, correspondentes a várias maturidades. Três pontos são por nós identificados como essenciais sobre a formação do preço do petróleo. Em primeiro lugar, observa-se o impacto significativo de fatores macroeconómicos, especialmente os mais



relacionados com a procura, como principais impulsionadores de alterações de estrutura nos mercados de petróleo. Também é assinalada a influência da OPEP na determinação dos preços, realçando o seu papel proeminente no panorama global do petróleo, embora com menor impacto nas alterações de estrutura identificadas. Por fim, a pesquisa sugere que, num contexto mais amplo, eventos geopolíticos tendem, por norma, a não desencadear alterações estruturais significativas no mercado do petróleo.

Palavras-chave

Alterações de estrutura, futuros WTI, metodologia de Bai & Perron, petróleo.

Abstract

The importance of fossil fuels in the world's energy supply and the relationship between their fluctuations and geoeconomic and geopolitical phenomena make it important to analyze the major forces behind the often-unexpected behavior of oil prices. The aim of this paper is to study socio-economic events that are contemporaneous with structural changes in the price of oil, and which may indicate a causal relationship with them. This study uses the Bai & Perron methodology to detect structural breaks. The sample consists of observations of the closing prices of oil futures contracts traded in the US, West Texas Intermediate, corresponding to various maturities. We have identified three key points in the formation of oil prices. Firstly, we note the significant impact of macroeconomic factors, especially those more closely related to demand, as the main drivers of structural changes in the oil markets. The influence of OPEC in determining prices is also noted, highlighting its prominent role in the global oil landscape, although with less impact on the structural changes identified. Finally, the research suggests that, in a broader context, geopolitical events tend not to trigger significant structural changes in the oil market.

Keywords

Structural breaks, WTI futures, Bai & Perron methodology, oil.

Como citar este artigo

Agostinho, Luís, Viegas, Cristina & Morais, Henrique (2025). Alterações de Estrutura nos Mercados: o Exemplo do Petróleo. *Janus.net, e-journal of international relations*. VOL. 16, Nº. 1. Maio-Outubro 2025, pp. 99-118. DOI <https://doi.org/10.26619/1647-7251.16.1.5>.

Artigo recebido em 30 de julho de 2024 e aceite para publicação em 20 de setembro de 2024.





ALTERAÇÕES DE ESTRUTURA NOS MERCADOS: O EXEMPLO DO PETRÓLEO

LUÍS AGOSTINHO

CRISTINA VIEGAS

HENRIQUE MORAIS

Os determinantes do preço do petróleo

Os combustíveis fósseis continuam a ter um peso esmagador na oferta mundial de energia, apesar dos progressos de fontes alternativas, nomeadamente os renováveis. Segundo dados da International Energy Agency (IEA), em 2021, o total agregado da oferta de petróleo, carvão e gás natural era cerca de 80% da oferta total de energia no mundo, o que representava apenas uma diminuição de 1 ponto percentual face ao observado em 1990. E, sem surpresa, de entre os combustíveis fósseis, o petróleo continua a ser o mais representativo, ainda que em recuo nos últimos anos (29% do total da oferta em 2021, 37% em 1990).

Embora estejamos hoje longe de assistir às disrupções nos países industrializados causadas pelo choque da oferta dos anos 70 do século XX ou sequer ao temor com que o mundo esperava pelos eventuais cortes de produção decididos, nas suas reuniões, pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), a verdade é que a geoeconomia e a geopolítica continuam a ser muito condicionadas, e a condicionar, a evolução dos preços dos combustíveis fósseis, nomeadamente do petróleo.

Torna-se por isso fundamental perceber as forças maiores por detrás do comportamento, quiçá, amiúde, errático ou inesperado do preço do petróleo. Uma das abordagens possíveis passa pela identificação dos determinantes principais desse preço e sua evolução ao longo do tempo.

Liu, Ding, Lv, Wu & Qiang (2019) apontam três tipos de determinantes, nomeadamente os fatores políticos, os financeiros e a incapacidade de a oferta acompanhar a procura (particularmente devido a problemas de armazenamento insuficiente e de tempo de reação diferenciado, mais longo na oferta, que provoca crises de sobre ou de subprodução repentinas), determinante este que, aliás, é partilhado por mais *commodities*. Observam ainda a divergência entre os principais determinantes antes da crise financeira de 2007/2008, no caso fatores de procura e oferta, e aqueles que são os



determinantes do preço do petróleo no período pós-crise, onde o comportamento da procura e da oferta se revela importante, mas insuficiente, para explicar a evolução do preço do petróleo. Ding, Liu, Zhang & Long (2017) dizem-nos que os recursos petrolíferos têm características de uma *commodity* (como elemento produtivo) mas também características financeiras.

Pelo seu papel fundamental no mercado de petróleo desde a sua fundação em 1960, a ação e a importância da OPEP nos mercados petrolíferos tem sido alvo de numerosos estudos. Entre eles, Coleman, (2012) indica a quota de mercado desta organização como o principal determinante no preço do petróleo a longo prazo. Ben Salem, Noura, Jeguirim & Rault (2022) concluem que as decisões da OPEP, em conjunto com determinantes como o preço dos futuros, a guerra do Iraque e a crise financeira, tiveram impacto de curto prazo, enquanto outros fatores como o preço do ouro e a taxa de câmbio do dólar norte-americano (USD) têm impactos a curto e longo prazo. Demirbas, Omar Al-Sasi, & Nizami (2017) estudam o impacto, entre outros, das decisões produtivas da OPEP na volatilidade dos mercados e nas economias dos países produtores de petróleo. Quint & Venditti (2020), por outro lado, referem o papel determinante da OPEP e da OPEP+¹, argumentando ainda assim que os cortes produtivos verificados entre 2017 e 2020 tiveram um impacto menos significativo que o que aparentam, na ordem dos 4 USD por barril. Di Nino, Álvarez & Venditti (2020) constataam um papel essencial do *Price Targeting* desta organização na formação do preço do petróleo. Este trabalho discute duas estratégias principais: Em primeiro lugar, o *Market Share Targeting*, em que a OPEP tenta manter a sua quota de mercado contra os produtores não pertencentes a esta organização, sendo a segunda estratégia o *Price Targeting*, em que a OPEP visa estabilizar ou aumentar diretamente os preços do petróleo com as suas políticas. As conclusões deste estudo indicam que, embora a procura global continue a ser o principal fator que impulsiona os preços do petróleo, as ações de *Price Targeting* da OPEP também podem ter um impacto significativo na formação do preço do petróleo, especialmente durante períodos de instabilidade do mercado.

Smith (2009) refere o rápido crescimento económico da China e de outras nações em desenvolvimento como uma das determinantes do preço do petróleo. Outros fatores económicos, como o impacto de um período recessivo ou expansionista (Kilian, 2009), o retorno de obrigações ou o tamanho dos mercados de futuros petrolíferos (Coleman, 2012) ou a incerteza (Kang & Ratti, 2013), são também apontados. Garavini (2020) identifica o impacto da pandemia do COVID-19, devido à redução drástica da procura de petróleo motivada pelos confinamentos e demais restrições, bem como devido à guerra de preços entre a Rússia, a Arábia Saudita e a OPEP.

Coleman (2012) associa o preço do petróleo a longo prazo com a frequência de ataques terroristas no Médio Oriente e a presença de soldados americanos na região. Ozawa & Tardy (2022) e Karda (2023) explicam o cenário geopolítico e a crise energética que pairou pela Europa perante a dependência europeia de petróleo e gás russo. Yagi & Managi (2023) explicam o aumento do preço do petróleo motivado pela invasão da Ucrânia.

¹ Países membros da OPEP (Argélia, Angola, Congo, Guiné Equatorial, Gabão, Irão, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Arábia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e Venezuela) mais um conjunto de dez países que com eles tomam decisões conjuntas, nomeadamente Azerbaijão, Bahréin, Brunei, Cazaquistão, Malásia, México, Omã, Sudão e Sudão do Sul.



A relação entre fatores políticos e os mercados petrolíferos está bem documentada na literatura. Cheon, Lackner & Urpelainen (2015) estudam a dicotomia enfrentada pelos decisores políticos ao subsidiar produtos petrolíferos que, sendo uma medida politicamente vantajosa, pode causar distorções económicas e ser pouco eficaz no combate à pobreza. Arezki, Djankov, Nguyen & Yotzov (2022) estudam a relação entre os movimentos do preço do petróleo e a probabilidade de reeleição dos executivos incumbentes, concluindo que choques no preço de importação deste bem causam uma diminuição na probabilidade de reeleição. Dragomirescu-Gaina, Philippas & Goutte (2023) observam que os *tweets* do ex-presidente norte-americano Donald Trump sobre petróleo estão associados a uma maior atividade especulativa nos mercados de derivados energéticos.

Reportando-se aos aspetos financeiros associados à definição do preço do petróleo, Liu (2019), considera-os mais relevantes neste ativo do que na generalidade das *commodities*, devido à existência de instrumentos derivados associados ao petróleo (o que não se verifica em relação à maior parte das *commodities*) que o tornam mais sensível, por exemplo, à especulação. Para além da especulação, outro fator financeiro a destacar como determinante do comportamento dos mercados petrolíferos é a atenção² (e posterior comportamento) dos investidores em relação a esses mercados.

Com o surgimento de uma era cada vez mais digital, onde a informação flui mais rapidamente, é cada vez mais impactante a atenção dos investidores aos mercados, o que pode ser explicado do ponto de vista das finanças comportamentais, conforme definido por Liu *et al.* (2019). Estes mesmos autores citam Li, Ma & Zhang. (2015), que estudam a relação entre o índice de volume das pesquisas no Google (doravante “GSVI” do inglês *Google search volume index*) e os preços do petróleo, chegando à conclusão de que o mesmo índice representa as preocupações dos investidores não comerciais (sem interesse direto na *commodity* que estão a negociar - especuladores), havendo um mecanismo de *feedback* positivo entre o GSVI e a volatilidade deste mercado. Li *et al.* (2015) reportam ainda a capacidade do GSVI de prever os preços do crude a curto prazo. Na mesma linha Cepni, Nguyen & Sensoy (2022) desenvolveram duas medidas de atenção dos investidores baseada na função de notícias do terminal da Bloomberg (que é utilizado na sua maioria por investidores institucionais), comprovando a utilidade das mesmas para prever retornos em futuros de petróleo (embora tenham observado que a sua eficácia diminui com a maturidade dos contratos).

Antes de avançarmos para o *core* do nosso artigo, apresentação e modelização das alterações de estrutura no mercado do petróleo, uma palavra final, necessariamente resumida, para o que nos diz a literatura sobre os choques mais impactantes nesse mercado.³

Kilian (2009) analisa os impactos dos choques na procura e na oferta sobre o preço do petróleo, utilizando os preços *spot* de WTI. O autor concluiu que nem todos os choques afetam o preço desta *commodity* (e a economia como um todo) da mesma maneira, sendo o mais expressivo e persistente na atividade económica real o causado por um movimento brusco na procura agregada. Kang & Ratti (2013) corroboram as conclusões

² Atenção do investidor e sentimento do mercado definem-se como a atitude geral dos investidores em relação ao que esperam ser a evolução dos preços no mercado.

³ Define-se choques como a componente não antecipada de uma mudança substancial no preço do petróleo (Baumeister & Kilian, 2016).



de Kilian, na medida em que associam um choque de procura positivo e específico ao petróleo a uma maior incerteza na política económica, a qual também influencia os preços do petróleo.

No que diz respeito à relação entre a inflação e o preço do petróleo, Montoro (2012) estuda a relação entre choques no mercado petrolífero e a inflação, encontrando um *trade-off* entre estabilizar a inflação e estabilizar a produção na presença destes fenómenos.

Karali, Ye & Ramirez (2019) concluem que eventos verdadeiramente não antecipados (utilizam os ataques terroristas de 11 de setembro como exemplo) têm impactos de curto prazo, ao passo que os eventos que verdadeiramente marcam os mercados de forma mais permanente são as crises financeiras.

Já no que concerne aos diferentes agentes a operar nestes mercados aqui em estudo, Dedi & Mandilaras (2022) chegam à conclusão de que investidores diferentes reagem de diversas maneiras a choques: produtores e negociantes de *swap* reduzem as suas posições na presença de choques positivos no preço, enquanto gestores de carteiras têm o movimento contrário. Apesar destes movimentos, os mesmos autores afirmam que é fraca a evidência de que estas posições dos *players* afetem o preço do petróleo.

Alterações de estrutura: breve revisão da literatura

Após esta breve revisão da literatura sobre os determinantes do preço do petróleo, iremos agora analisar a forma como a literatura estuda a existência de alterações de estrutura em séries temporais.

Bai (1997) refere a muito comum instabilidade de parâmetros em modelos económicos, especialmente em séries temporais que se estendem a um período longo. Isto ocorre porque, num horizonte temporal maior, é muito mais provável que os dados sejam influenciados por fatores como mudanças de política. Outro autor com contributos seminais para o tema, Chow (1960), argumenta que sempre que uma regressão linear é usada para representar uma relação económica, podemos questionar se a relação se mantém para dois períodos temporais diferentes ou para dois grupos económicos diferentes. Por exemplo, será que o comportamento do consumo é hoje idêntico ao que era antes da Segunda Guerra Mundial? Segundo o autor, estatisticamente, estas questões podem ser respondidas ao testar se dois conjuntos de observações podem ser considerados como pertencentes a um mesmo modelo de regressão. Quando há, então, uma mudança repentina e permanente na relação entre os pontos que compõem uma série temporal, temos uma alteração de estrutura. O ponto em que este evento ocorre é chamado de ponto de quebra.

Ferreira, Menezes & Oliveira (2013) resumizam de forma clara no seu trabalho como as alterações de estrutura parecem afetar modelos baseados em séries temporais de natureza económica e financeira. Referem ainda que estas alterações podem refletir mudanças legislativas, institucionais, tecnológicas, políticas ou até choques macroeconómicos. Na mesma linha, Hansen (2001) afirma que alterações de estrutura podem ser decisivas em séries temporais e que inferências sobre relações económicas, previsões e recomendações políticas podem ser goradas se não se tiverem em conta as referidas alterações.



No que diz respeito aos testes à existência de alterações de estrutura, podemos sumariar em dois conjuntos: os testes à deteção de uma única quebra e os testes à deteção de múltiplas quebras.

No primeiro grupo, destaque para Chow (1960) que propõe um teste assente no pressuposto de que a eventual data de quebra é conhecida, o que, sem informação prévia, é difícil de sustentar. Assim, este mesmo teste só permite avaliar um possível *breakpoint* em simultâneo, oferecendo uma menor eficácia quando esse ponto é desconhecido ou tem de ser estimado (Gabriel, 2002).

Quandt (1960) desenvolveu o trabalho de Chow (1960), propondo um método conhecido como *Quandt Likelihood Ratio* (QLR), baseado no cálculo de estatísticas de teste de estabilidade de Chow para todos os possíveis pontos de quebra e analisando o maior valor resultante em termos absolutos, estimando o ponto de quebra por máxima verosimilhança e, em seguida, efetuando um teste de rácio de verosimilhança (*likelihood ratio*) (Gabriel, 2002). Em suma, Quandt parte do pressuposto da realização de um teste de Chow para todos os possíveis pontos de quebra da amostra e o ponto de quebra definido será o que maximiza o teste do rácio de verosimilhança.

O teste acima descrito é, também ele, de poder limitado, já que apenas testa a hipótese de que não houve mudanças contra a existência de uma mudança (ainda que, ao contrário de Chow (1960), não tenhamos que indicar *a priori* uma data específica para testar uma quebra nessa mesma data), ignorando a possibilidade de haver mais de uma quebra na mesma amostra. Esta abordagem foi basilar para vários outros testes (os chamados testes “sup”), que, segundo Casini & Perron (2018), culminaram no trabalho de Andrews (1993), que, embora limitado (como Quandt) à deteção de uma única quebra, teve o importante mérito de mostrar que o teste de Chow pode ser baseado em valores máximos dos testes de Wald e do multiplicador de Lagrange, para além da máxima verosimilhança, como ilustrou Quandt.

Andrews & Ploberger (1994) seguiram o trabalho descrito no parágrafo anterior, desenvolvendo uma distribuição para, entre outros casos, o teste do rácio de verosimilhança no qual Quandt (1960) se baseia, tornando-o viável. O estudo destes autores alicerça-se na construção de testes, que, como explica Gabriel (2002: 23) “*são construídos como uma média ponderada dos testes clássicos, podendo assumir duas formas distintas, consoante a potência é dirigida para alternativas mais próximas ou distantes dos parâmetros sob a hipótese nula*” (que é a não existência de alterações de estrutura).

No segundo grupo de testes, isto é, deteção de múltiplas quebras, vamos destacar os contributos de Bai & Perron, também porque seguimos a sua metodologia no nosso artigo, como veremos adiante.

Bai & Perron (1998) estabelecem à partida que o seu trabalho trata múltiplas alterações de estrutura que ocorrem num ponto desconhecido da amostra, numa regressão linear estimada pelo método dos mínimos quadrados (MMQ), sendo derivadas a taxa de convergência e as distribuições limite dos pontos de quebra estimados. Esta abordagem, conforme constata os dois autores, difere da restante literatura da época (nomeadamente a já revista no ponto anterior deste trabalho) na medida em que a mesma, como já vimos, trata apenas o caso de uma única mudança (um único ponto de quebra).



O estudo, para além de assentar num modelo linear estimado pelos MMQ, permite formas gerais de autocorrelação em série e heteroscedasticidade nos erros, bem como variáveis dependentes desfasadas, regressores com tendência e diferentes distribuições para os erros e para os regressores entre segmentos, conforme sumarizam os próprios autores no trabalho em causa. Trata-se de um modelo de mudança estrutural parcial, onde nem todos os parâmetros estão sujeitos a mudanças e, por outro lado, permite testes a múltiplas alterações de estrutura, caso não existam regressores com tendência.

No teste, a hipótese nula é a de não existência de alterações e a alternativa é um número desconhecido de alterações (pelo menos uma) até um determinado máximo, e um teste para a hipótese nula de l mudanças versus a alternativa $l + 1$ mudanças.

Bai & Perron (2003a) refina a aplicação prática da metodologia proposta em 1998, sugerindo métodos computacionais para estimar os minimizantes globais. É apresentado o teste⁴ supF da não existência de alterações de estrutura *versus* a existência de um determinado número l fixo de alterações (existirá sempre pelo menos uma). Uma limitação desta metodologia é que necessita da assunção de um número predefinido de l pontos de quebra, pelo que nos casos em que seja desafiante fazê-lo, pode tornar-se interessante executar a metodologia explicada no parágrafo seguinte.

Os autores apresentam então dois testes à hipótese nula da não existência de alterações contra um dado número de alterações com o limite superior M (os chamados *double maximum tests*), úteis para situações em que o investigador não quer ter de assumir previamente um dado número de alterações para tirar conclusões e assentes no cálculo de um UDmax e de um WDmax. A versão não ponderada do teste, a UDmax, estima o número de pontos de quebra utilizando a minimização global da soma dos resíduos quadrados. Já o teste de WDmax aplica pesos às estatísticas individuais para que os valores marginais implícitos sejam iguais antes de calcular o número de quebras (Perron, 2005). O já citado Perron (2005) explica a utilidade desta abordagem para determinar o número de quebras.

O último dos testes é o de l versus $l + 1$ alterações, chamado supFT ($l + 1|l$) que consiste na aplicação de $(l + 1)$ testes da hipótese nula da não existência de alterações de estrutura versus a hipótese alternativa de uma única mudança⁵. Os autores concluem numa rejeição a favor do modelo com $(l + 1)$ quebras se o valor global mínimo da soma dos resíduos quadrados (em todos os segmentos onde for incluído mais uma quebra) é suficientemente menor do que a soma dos resíduos quadrados do modelo com l quebras. Após esta análise, a data da quebra selecionada é aquela associada ao dito mínimo global.

Os autores apresentam seguidamente os critérios de informação Bayesian Information Criterion (BIC), proposto por Schwarz (1978) e o LWZ proposto por Liu, Wu & Zidek (1997), sendo este último uma modificação do critério de Schwarz. Perron (1997) apresenta uma simulação do comportamento destes dois critérios. É concluído que ambos os critérios funcionam mal na presença de autocorrelação nos erros, mas têm potências distintas quando ela não existe. Nesses casos, quando não há autocorrelação, mas existe uma variável dependente desfasada, o BIC apresenta um mau funcionamento quando o

⁴ Teste *Global L breaks vs. none*.

⁵ Teste *Sequential L+1 breaks vs L*.



coeficiente dessa variável é maior, sendo preferível nesses casos o LWZ (com a desvantagem de subestimar o número de quebras se as existirem).

Bai & Perron (2003a) concluem recomendando a abordagem correspondente à aplicação sequencial do teste supFT ($I + 1|I$), utilizando a estimativa sequencial das quebras. Esta estratégia, segundo os mesmos, funciona melhor que a aplicação dos critérios BIC e LWZ. Em casos em que seja desafiante aplicar esta metodologia, recomendam realizar primeiro os testes UDmax e WDmax para averiguar se está presente pelo menos uma quebra. Se for esse o caso, então o número de quebras pode ser calculado utilizando o teste Global L breaks vs. None, utilizando os minimizantes globais como as datas das mesmas.

São muitas as aplicações do teste de Bai & Perron, destacando-se, no caso específico do petróleo, objeto de análise no nosso artigo, os estudos de Plante & Strickler (2021), que utilizam a metodologia de Bai & Perron para determinar a frequência e o *timing* de alterações de estrutura, a fim de provar que os diferentes tipos de petróleo se estão cada vez mais a homogeneizar. Weideman & Inglesi-Lotz (2017) aplicam BP03 às energias renováveis na África do Sul. Focacci (2022) estuda a relação entre investidores não comerciais e os preços *spot* de petróleo, determinando as respetivas quebras. Zarei, Ariff, Hook & Nassir (2015) estudam a evolução das taxas de juro com a mesma metodologia. Xiong, Sun, Wang, Wang & Liu (2016) estudam a correlação entre o preço do crude e o *U.S weekly leading index*. Shaeri, Adaoglu & Katircioglu (2016) determinam a existência de quebras nos retornos do capital próprio com o objetivo de comparar a exposição dos setores financeiro e não financeiro dos Estados Unidos ao risco do preço do petróleo. Por fim, Tule, Ndako & Onipede (2017) utilizam a metodologia aqui em estudo para detetar quebras em séries temporais de Brent e WTI, para que essas mesmas quebras não venham a pôr em causa as conclusões a que pretendem chegar sobre eventuais derrames entre choques petrolíferos e o mercado de obrigações nigeriano.

O modelo: dados e metodologia

O objetivo deste artigo é determinar a existência de eventuais alterações de estrutura no mercado de futuros de petróleo *West Texas Intermediate* (WTI) entre março de 2004 e março de 2024.

Para tal, vamos trabalhar os preços de fecho de contratos de futuros de WTI para várias maturidades e vamos realizar os testes a múltiplas quebras propostos por Bai & Perron (1998, 2003), com o objetivo de estimar eventuais alterações estruturais na amostra, para posterior análise.

O horizonte temporal escolhido pretendeu abranger vários acontecimentos significativos, tanto económicos como financeiros, além de marcos geopolíticos que naturalmente resultaram em diversas flutuações nos mercados petrolíferos.

Esses eventos incluem a instalação de uma forte crise financeira em 2007/2008 e posterior recuperação, a ocorrência da Primavera Árabe no final de 2010 e uma acentuada queda nos preços do barril de petróleo a partir de 2014, impulsionada por diversos fatores, com destaque para o excesso de oferta em relação à procura. Além disso, 2016 trouxe o referendo do Brexit e a eleição de Donald Trump, enquanto o final de 2019 marcou o início da pandemia de COVID-19, que, em 2020, causou uma profunda contração económica devido aos impactos da doença, incluindo medidas de confinamento



e restrições às atividades. Mais recentemente, em 2022, ocorreu a invasão da Ucrânia por forças russas. Para além destes eventos marcantes, também temos de ter em conta outros fatores como os movimentos macroeconómicos das economias, as decisões produtivas da OPEP e esforços de ajustes e transição energética.

A amostra consiste em 5038 observações diárias dos preços de fecho de contratos de futuros de WTI com maturidades de 1,2,6 e 12 dias (doravante *Daily 1*, *Daily 2*, *Daily 6* e *Daily 12*, respetivamente).

A escolha do WTI em detrimento do *Brent Crude* (são as duas principais referências, respetivamente, para o mercado norte-americano e europeu), num contexto em que não existe uma diferença significativa em termos de liquidez entre os dois contratos, baseou-se na maior volatilidade do WTI, devido em parte às dinâmicas de armazenamento e à sua maior sensibilidade a problemas de excesso de produção. Isto torna o WTI uma escolha mais adequada para analisar eventos disruptivos, especialmente aqueles que têm origem nos EUA ou impactam significativamente o país antes de se espalharem globalmente, como a crise financeira de 2007/2008.

Como referido, a metodologia utilizada é a de Bai & Perron (1998, 2003), o que permite detetar e localizar múltiplos pontos de quebra desconhecidos. O *Teste Global L Breaks vs. None* proposto por estes autores, analisa a hipótese da existência de pelo menos uma quebra (isto é, de um dado número l de quebras otimizado) na série temporal em estudo, tal que:

H_0 : Não se verifica a existência de qualquer quebra na série temporal

H_1 : Verifica-se a existência de pelo menos uma quebra na série temporal

Este teste é descrito como sequencial, já que funciona de forma a procurar a existência de uma quebra (e rejeição de H_0) e uma vez que o consiga, a amostra é dividida em duas na data de quebra estimada e feito novo teste a essa nova subamostra. A sequência só se interrompe quando encontrada uma subamostra que não rejeite H_0 .

Para se evitar a problemática, já descrita anteriormente neste trabalho, da inferência *a priori* de um número de quebras, são calculadas as estatísticas de UDmax e WDmax que estimam o número de quebras presente na amostra.

Temos assim a seguinte regressão linear (com m quebras e $m + 1$ regimes):

$$y_t = x'_t \beta + z'_t \delta_j + u_t \quad , \quad t = T_{j-1} + 1, \dots, T_j \quad (1)$$

Com $j = 1, \dots, m + 1$. Para este modelo temos y_t como a variável dependente observável no momento t ; x_t ($p \times 1$) e z_t ($q \times 1$) são vetores das covariáveis e β e δ_j ($j = 1, \dots, m + 1$) são os correspondentes vetores dos coeficientes; u_t é a perturbação no momento t . Os índices ($T_1, \dots, T_m$), correspondentes aos pontos de quebra, são tratados como desconhecidos (tomando $T_0 = 0$ e $T_{m+1} = T$), com o intuito de estimar os coeficientes incógnitos da regressão juntamente com os pontos de quebra quando T observações em



(y_t, x_t, z_t) estiverem disponíveis. É acrescentado ainda na mesma referência pelos autores que o modelo é de mudança estrutural parcial tendo em conta que β não está sujeito a mudanças e é estimado utilizando toda a amostra. Quando $p = 0$ temos um modelo de pura mudança estrutural onde todas os coeficientes estão sujeitos a mudanças. Por fim, é ainda explicado que para o modelo em causa a variância de u_t não necessita de ser constante, sendo que pode haver quebras na mesma desde que coincidam com momentos de quebras (alterações) detetadas nos parâmetros da regressão.

A estimação é feita com base no MMQ, sendo que a soma dos quadrados dos resíduos (SQR) é dada por:

$$SQR = \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{t=T_{i-1}}^{T_i} (y_t - x'_t \beta - z'_t \delta_i)^2 \quad (2)$$

Serão $\hat{\beta}$ ($\{T_j\}$) e $\hat{\delta}$ ($\{T_j\}$) as estimativas para cada uma das m quebras e $(T_1, \dots, T_m)$ denotado como $\{T_j\}$. Tomando SQR por $S_T(T_1, \dots, T_m)$ temos os pontos de quebra estimados $(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_m)$, tais que:

$$(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_m) = \underset{(T_1, \dots, T_m)}{\operatorname{argmin}} S_T(T_1, \dots, T_m) \quad (3)$$

A minimização é efetuada em todas as partições $(T_1, \dots, T_m)$ tais que $T_i - T_{i-1} \geq q^2$ (sendo q o número de alterações presentes na amostra). Assim, todos os estimadores dos pontos de quebra são minimizantes globais da função objetivo e os parâmetros da regressão tornam-se estimativas de mínimos quadrados associados à partição m , isto é:

$$\hat{\beta} = \hat{\beta}(\{\hat{T}_j\}) \text{ e } \hat{\delta} = \hat{\delta}(\{\hat{T}_j\}). \quad (4)$$

Neste artigo será utilizado o teste *Global L breaks vs. None*, com o número de quebras determinado pelas estatísticas de *UDmax* e *WDmax*.⁶

⁶ Perron (2005) resume a utilidade desta abordagem.



Resultados e discussão

A tabela 1 apresenta as principais características das observações dos preços de fecho dos futuros de WTI que compõem a amostra.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados da amostra.

Série	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio-Padrão	Variância	Curtose	Assimetria
Daily 1	70,47446	68,705	145,29	-37,63	0,3126461	492,45226	-0,3744491	0,3036176
Daily 2	70,79323	68,885	145,86	11,57	0,3065895	473,55737	-0,4481892	0,3385176
Daily 6	71,02392	69,005	146,85	24,73	0,2926012	431,33083	-0,3169087	0,3636459
Daily 12	70,45986	68,65	146,32	29,63	0,2822116	401,24338	-0,1477076	0,3886963

Fonte: Elaboração Própria.

Como se observa na tabela as séries em estudo são platicúrticas e assimétricas positivas. Ao serem platicúrticas percebemos que estas séries apresentam distribuições de preços relativamente achatadas e menor probabilidade de preços extremos, o que nos indica que as mesmas apresentam estabilidade e menor risco de grandes oscilações. A assimetria positiva revela-nos que os preços tendem a assumir valores acima da média, o que nos leva a assumir um potencial de crescimento frequente (um crescimento, diga-se, por norma moderado, já que ao serem platicúrticas percebemos que os valores se concentram em torno da média, sendo os valores extremos raros).

Os máximos e os mínimos indicam os preços de fecho mais altos e mais baixos dos contratos de futuros de WTI que compõem a nossa amostra, onde se destaca aqui o valor mínimo negativo de 37,36\$ na série de observações diárias de contratos com maturidade de 1 dia, pelos motivos que serão discutidos mais adiante.

Por outro lado, à medida que os dias de maturidade dos contratos aumentam a variância e o desvio-padrão diminuem, o que nos indica uma menor volatilidade nas oscilações das séries, conforme o aumento dos dias de maturidade dos contratos.

A aplicação da metodologia de Bai & Perron levou à estimação do modelo de regressão pelo MMQ, consistindo esse modelo num regressor constante que permite a correlação em série que difere entre os regimes, usando a estimação de covariância pelo HAC⁷. Foram consideradas até 5 quebras no modelo e aplicada uma percentagem de *trimming* de 15% (Bai & Perron, 2003b).

Nas opções do HAC definimos a *Lag Specification* foi como fixa, com o *Number of lags* igual a 1. O *Kernel* foi colocado como *Quadratic-Spectral*, para permitir autocorrelação nos erros, a *Bandwith method* foi definida como *Andrews Automatic*, com um *offset* definido em 0 e a especificação das equações foi definida como *close c*, sendo *close* o nome da coluna onde em cada série estavam registados os preços de fecho dos contratos de futuros e *c* o regressor constante abordado no parágrafo anterior.

⁷ *Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent*. Garante a consistência da regressão em termos de heteroscedasticidade e autocorrelação, fazendo com que a mesma cumpra os pressupostos necessários à realização da metodologia de Bai & Perron.



Após a construção das regressões, procedeu-se aos testes. Nesta etapa foi selecionada a opção *Global L breaks vs. None*, com uma *Trimming percentage* de 15, um nível de significância de 0,05 e um número máximo de quebras definido em 5 (Bai & Perron, 2003b). Os resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados da aplicação do teste Global L breaks vs. None à amostra.

Série	N.º de Quebras	Data das Quebras
Daily 1	4 (UDmax)	6/18/2007, 12/03/2010, 11/28/2014, 3/05/2021
	5 (WDmax)	6/18/2007, 12/03/2010, 11/28/2014, 11/28/2017, 3/05/2021
Daily 2	5	6/28/2007, 12/03/2010, 11/28/2014, 11/28/2017, 3/05/2021
Daily 6	5	6/15/2007, 12/02/2010, 11/28/2014, 11/28/2017, 3/05/2021
Daily 12	5	6/13/2007, 12/01/2010, 11/28/2014, 11/28/2017, 3/05/2021

Fonte: Elaboração Própria

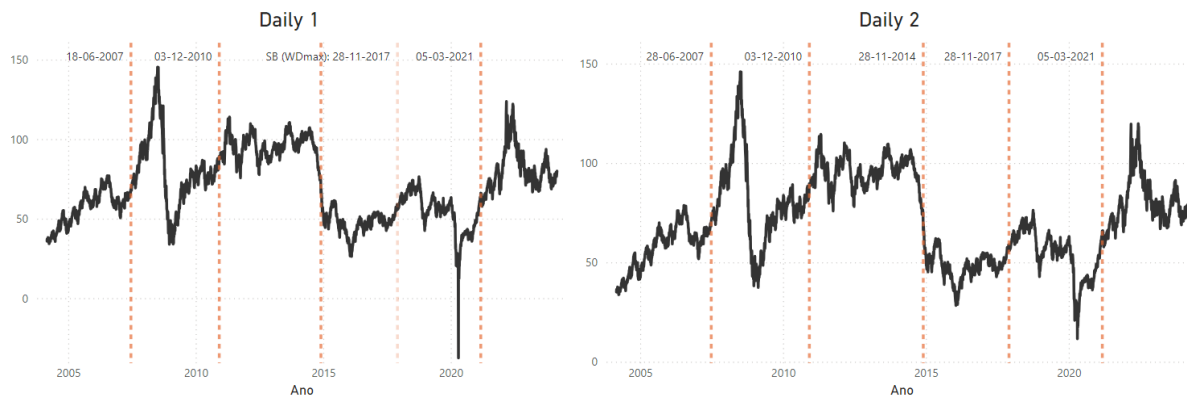
Durante a realização dos testes foi calculado o número de quebras de maneira sequencial e por meio dos testes *double maximum*, o *WDmax* e o *UDmax*. O critério para escolher o número de quebras são os resultados destes últimos testes que, com exceção do caso descrito no parágrafo seguinte, são convergentes. Esta convergência dá-nos confiança nos resultados.

Na série de contratos com maturidade de 1 dia, os testes *WDmax* e *UDmax* apresentam resultados diferentes em relação ao número de quebras. Esta divergência no número de quebras indicada por cada um dos *double maximum tests* não tem relevo para a análise dos resultados, uma vez que a mesma será feita às datas comuns entre todos os testes e a quebra encontrada pela estatística *WDmax* e que não é encontrada na *UDmax* (28 de novembro de 2017) consta como data de quebra em todas as outras séries. Ainda assim, para uma série platicúrtica e assimétrica positiva como a que estamos agora a discutir, assumimos que a natureza não ponderada da estatística de *UDmax* se torna mais conservadora e assim, mais adequada a uma série com menor frequência de valores extremos.

Além da convergência nos resultados dos testes *double maximum*, é importante mencionar que as datas identificadas para as quebras se referem aos mesmos dias ou a um mesmo curto período. Esta situação dá confiança para afirmar que, de facto, ocorreram um (ou mais) evento(s) que afetaram significativamente os preços do WTI nessas datas/ períodos. Antes de analisar as possíveis causas, apresentam-se graficamente os resultados dos testes listados na Tabela 2 (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Observações dos preços de fecho de contratos futuros de WTI de maturidade diária a 1 e 2 dias, e suas respectivas quebras.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 2. Observações dos preços de fecho de contratos futuros de WTI de maturidade diária a 6 e 12 dias, e suas respectivas quebras.



Fonte: Elaboração Própria.

Antes da análise às quebras encontradas, um comentário a propósito das observações dos dias 20 e 21 de abril de 2020. Nestes dias foram atingidos mínimos históricos, tendo inclusive, no caso das observações diárias de futuros de WTI com maturidade de um dia sido registado o valor de -37,63\$ no dia 20 de abril. Nas outras séries, quer diárias quer mensais, embora com valores já em território positivo, foram encontradas nestes dias de 20 e 21 de abril de 2020 (e no mês de abril de 2020 no caso das observações mensais) os valores mínimos da amostra. Esta amostra terá sido causada por problemas na armazenagem do WTI, que devido à grande redução da procura causada pelas restrições impostas pela pandemia de Covid-19, terá estado sob pressão. O facto de o problema ter sido solucionado, entretanto, pode explicar a ausência de uma quebra nesta data.

Na tabela 3 estão identificadas e agregadas as quebras detetadas e associam-se a cada uma dessas quebras acontecimentos contemporâneos que, com elas, poderão ter tido uma relação de causalidade.



Tabela 3. Acontecimentos Contemporâneos ao período das quebras.

Quebra	Acontecimentos Contemporâneos
13 a 28 de junho de 2007	Tropas turcas concentram-se na fronteira com o Iraque OPEP recusa-se a aumentar produção Greve dos trabalhadores nigerianos
1 a 3 de dezembro de 2010	Indícios de recuperação económica global.
28 de novembro de 2014	166. ^a reunião da OPEP Produção recorde dos EUA Desaceleração económica global e redução da procura por petróleo
28 de novembro de 2017	173. ^a reunião da OPEP Economia forte e aumento da procura de petróleo
5 de março de 2021	14. ^a reunião ministerial entre membros e não-membros da OPEP <i>American Rescue Plan Act of 2021</i> Forte recuperação económica depois da pandemia de COVID-19

Fonte: Elaboração Própria.

A primeira quebra, na segunda metade de junho de 2007, coincide com vários acontecimentos assinaláveis para os mercados petrolíferos, especialmente de natureza geopolítica, nomeadamente as tensões entre a Turquia e Iraque, com a concentração de tropas turcas na fronteira com o Iraque. Também uma greve dos trabalhadores na Nigéria, o maior produtor petrolífero do continente africano, com invasões de instalações produtoras de petróleo por parte de manifestantes armados, contribuiu para o aumento do preço do petróleo. A acrescentar a todos estes fatores, Salem El-Badri, o então secretário-geral da OPEP, anunciou a 14 de junho uma recusa por parte desta organização em aumentar os níveis de produção. Todos estes fatores conjunturais, e ainda o impacto do ciclone Gonu, no início do mês, causaram forte acréscimo do preço do petróleo e, uma vez dissipados esses fenómenos, os preços corrigiram naturalmente baixa significativa.

A quebra encontrada nos primeiros dias de março de 2010, associa-se a indícios de recuperação económica global, o que terá impactado a confiança na performance das economias. Como consequência, foram revistas em alta as expectativas de procura de petróleo, o que acarretou um aumento do respetivo preço.

Já em novembro de 2014, temos uma quebra no dia 28, o dia imediatamente a seguir à 166.^a reunião da OPEP. Esta organização decidiu nessa reunião, contra as expectativas que iam no sentido que descesse a produção, manter os níveis produtivos, parecendo confortável com preços baixos. Esta decisão surgiu num contexto onde os preços do petróleo estavam já pressionados em baixo pelo maior aumento produtivo desde que há registo nos EUA (*Energy Information Administration*, 2015), bem como uma redução da procura de petróleo que terá começado em maio, causada por uma desaceleração da economia global, como bem explicam Mead & Stiger (2015).

A quebra de 28 de novembro de 2017 pode ser ligada, também, a uma reunião da OPEP, ocorrida no dia 30 de novembro desse ano. Uma quebra dois dias antes da reunião revela a expectativa que os agentes económicos tinham em relação à decisão que iria sair da reunião. Na verdade, na reunião realizada a 30 de novembro de 2016, foi decidida uma redução de produção (na ordem dos 1,8 milhões de barris por dia) por parte dos países-membros, durante o período de 6 meses, iniciados em janeiro de 2017, posteriormente



alargado por mais 9 meses, começados em julho de 2017. Ora, na reunião de 28 de novembro de 2017, decidir-se-ia se estes cortes produtivos se iriam manter durante todo o ano de 2018. A quebra encontrada na antecâmara desta reunião prende-se às expectativas em relação às decisões que dela iam sair, com os mercados a antever a extensão do acordo de redução por mais 9 meses e com a especial preocupação de que a Rússia (o maior parceiro não-membro da OPEP) pudesse não acompanhar esta decisão. Esta política de contração da produção petrolífera e a incerteza sobre a continuação da mesma, aliadas a uma economia forte justificam uma quebra nesta ocasião.

A última quebra encontrada na nossa amostra localiza-se no dia 5 de março de 2021, um dia depois da 14.^a reunião ministerial entre membros e não-membros da OPEP. Esta reunião teve especial importância, pois nela foram saudadas, e acima de tudo, prolongadas as reduções de produção destinadas a controlar os preços do petróleo depois da pandemia de COVID-19. Apesar dessa redução da oferta de petróleo, a economia já não era a mesma economia fragilizada e em *shutdown* que motivou as reduções produtivas em abril de 2020. Março de 2021 foi um mês de forte recuperação económica depois do choque da pandemia, antevendo-se um verão sem grandes restrições e com a distribuição de vacinas já em curso. Para fomentar adicionalmente essa recuperação, foi iniciada também neste dia 5 de março de 2021 a votação do *American Rescue Plan Act of 2021*, um pacote de estímulos no valor de 1,9 biliões de USD, que havia de ser aprovado no senado no dia 6 e passado a lei no dia 11. A combinação de uma política produtiva restritiva com uma economia em expansão terá causado uma alteração de estrutura neste início de março de 2021.

Estes resultados parecem apontar para a importância decisiva da evolução da procura e da oferta (e das correspondentes expectativas do mercado face a essa evolução) enquanto determinantes das quebras no preço dos contratos de futuros de WTI. Além disso, as quebras parecem mais o resultado de um conjunto de dois, três ou mais fenómenos relativamente contemporâneos do que propriamente consequência de uma determinada estatística ou fenómeno isolado e, por outro lado, há evidência de que eventos verdadeiramente não antecipados, como por exemplo ataques terroristas, têm um impacto limitado ao curto prazo, isto é, no nosso caso, não constituem, por norma, alterações de estrutura.

Um último comentário sobre as conclusões a que chegámos sobre o papel da OPEP (e OPEP+) na definição dos preços, em linha com muita da literatura apresentada, no sentido de identificar a sua importância como determinante do preço do petróleo, mas não necessariamente como causador direto de quebras.

Conclusões

O peso esmagador que os combustíveis fósseis continuam a ter na oferta mundial de energia e a relação, aliás recíproca, entre as suas flutuações mais significativas e os fenómenos geo-económicos e geopolíticos, tornam aliciente e fundamental perceber as forças maiores por detrás do comportamento, quiçá errático ou inesperado, do preço do petróleo.

Foi isso que tentámos fazer neste artigo, não nos confinando apenas à apresentação dos determinantes principais do preço do petróleo, antes tentando identificar fenómenos que



possam estar associados a alterações de estrutura no preço do petróleo, ou seja, que com elas possam indiciar relações de causalidade.

A partir de uma amostra relativamente longa de mais de cinco mil observações diárias, entre março de 2004 e março de 2024, dos preços de futuros sobre o petróleo *West Texas Intermediate*, e utilizando a metodologia de teste a múltiplas quebras proposta por Bai & Perron (1998, 2003), estimámos as eventuais alterações estruturais na amostra e identificámos acontecimentos que com elas são contemporâneos.

As alterações de estrutura identificadas, em vários momentos, parecem estar associadas a efeitos macroeconómicos, nomeadamente em contextos caracterizados por movimentos da procura mais amplos do que o esperado. É interessante observar que todas as quebras estiveram relacionadas com um acontecimento macroeconómico que influenciaria a procura de petróleo na mesma direção do preço do petróleo após a quebra.

Verificámos também que, não obstante a influência da Organização dos Países Exportadores de Petróleo na definição dos preços petrolíferos, as suas decisões são mais suscetíveis de estar associadas a uma quebra de estrutura quando coincidem com um cenário macroeconómico favorável a essa quebra.

Por último, constatámos que os eventos geopolíticos não são, por norma, causadores de alterações de estrutura, sobretudo se são restritos a um único país e/ou de impacto momentâneo.

Destas conclusões não pode naturalmente inferir-se pela não validade das análises que apontam para a existência de um vasto conjunto de fatores que são determinantes do preço do petróleo, nomeadamente, as tensões geopolíticas, as variações na cotação das moedas, as mudanças regulatórias, a evolução dos inventários petróleo, os avanços tecnológicos, a especulação ou sentimento do mercado.

Coisa diferente é esses fatores provocarem nos preços uma reação forte o suficiente para constituir uma alteração de estrutura: a esse nível, apenas os acontecimentos macroeconómicos resistiram, enquanto fenómenos associados às quebras de estrutura identificadas.

Referências

- Andrews, D. W. K., & Ploberger, W. (1994). Optimal Tests when a Nuisance Parameter is Present Only Under the Alternative. *Econometrica*, 62(6), 1383. <https://doi.org/10.2307/2951753>
- Arezki, R., Djankov, S., Nguyen, H., & Yotzov, I. (2022). The Political Costs of Oil Price Shocks (CESifo Working Paper Series, Issue 9763). CESifo.
- Alonso Álvarez, I., Nino, V. di, & Venditti, F. (2020). Strategic interactions and price dynamics in the global oil market. Documentos de Trabajo N.º 2006.
- Bai, J. (1997). Estimation of a Change Point in Multiple Regression Models. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 551–563. <https://doi.org/10.1162/003465397557132>
- Bai, J., & Perron, P. (1998). Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. *Econometrica*, 66(1), 47. <https://doi.org/10.2307/2998540>



- Bai, J., & Perron, P. (2003a). Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models. *Journal of Applied Econometrics*, 18(1), 1–22. <https://doi.org/10.1002/jae.659>
- Bai, J., & Perron, P. (2003b). Critical Values for Multiple Structural Change Tests. *Econometrics Journal*, 6, 72–78. <https://doi.org/10.1111/1368-423X.00102>
- Ben Salem, L., Noura, R., Jeguirim, K., & Rault, C. (2022). The determinants of crude oil prices: Evidence from ARDL and nonlinear ARDL approaches. *Resources Policy*, 79, 103085. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103085>
- Casini, A., & Perron, P. (2018). Structural Breaks in Time Series (Boston University - Department of Economics - Working Papers Series, Issues WP2019-02). Boston University - Department of Economics.
- Cepni, O., Khuong Nguyen, D., & Sensoy, A. (2022). News Media and Attention Spillover across Energy Markets: A Powerful Predictor of Crude Oil Futures Prices. *The Energy Journal*, 43(01). <https://doi.org/10.5547/01956574.43.SI1.ocep>
- Cheon, A., Lackner, M., & Urpelainen, J. (2015). Instruments of Political Control: National Oil Companies, Oil Prices, and Petroleum Subsidies. *Comparative Political Studies*, 48(3), 370–402. <https://doi.org/10.1177/0010414014543440>
- Chow, G. C. (1960). Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. *Econometrica*, 28(3), 591. <https://doi.org/10.2307/1910133>
- Coleman, L. (2012). Explaining Crude Oil Prices Using Fundamental Measures. *Energy Policy*, 40, 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.012>
- Dedi, V., & Mandilaras, A. (2022). Trader Positions and The Price of Oil in the Futures Market. *International Review of Economics & Finance*, 82, 448–460. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.06.018>
- Demirbas, A., Omar Al-Sasi, B., & Nizami, A.-S. (2017). Recent volatility in the price of crude oil. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(5), 408–414. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1153751>
- Ding, Z., Liu, Z., Zhang, Y., & Long, R. (2017). The Contagion Effect of International Crude Oil Price Fluctuations on Chinese Stock Market Investor Sentiment. *Applied Energy*, 187, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.037>
- Dragomirescu-Gaina, C., Philippas, D., & Goutte, S. (2023). How to 'Trump' the Energy Market: Evidence from the WTI-Brent spread. *Energy Policy*, 179, 113654. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113654>
- Ferreira, N., Menezes, R., & Oliveira, M. M. (2013). Structural Breaks and Cointegration Analysis in the EU Developed Markets. *International Journal of Finance, Insurance and Risk Management*, 3(4), 652.
- Focacci, A. (2023). Spillovers between Non-commercial Traders' activity and spot prices? Analysis of the financialization mechanism in the crude oil market. *China Finance Review International*, 13(2), 157–182. <https://doi.org/10.1108/CFRI-07-2022-0110>
- Gabriel, V. (2002). Testes de Alteração de Estrutura em Modelos Multivariados: uma visita guiada pela literatura. *Notas Económicas*, 16–33.



- Garavini, G. (2020). The “COVID-Shock” and Future of the Global Oil Market. Istituto Affari Internazionali (IAI). <http://www.jstor.org/stable/resrep25273>
- Hansen, B. E. (2001). The New Econometrics of Structural Change: Dating Breaks in U.S. Labor Productivity. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 117–128. <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.117>
- International Energy Agency (IEA) – World Energy Mix. Disponível em <https://www.iea.org/world/energy-mix> (acedido em 15 de julho de 2024)
- Kang, W., & Ratti, R. A. (2013). Oil shocks, Policy Uncertainty and Stock Market Return. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 26, 305–318. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2013.07.001>
- Karali, B., Ye, S., & Ramirez, O. A. (2019). Event Study of the Crude Oil Futures Market: A Mixed Event Response Model. *American Journal of Agricultural Economics*, 101(3), 960–985. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay089>
- Karda, S. (2023). Keeping The Lights On: The Eu’s Energy Relationships Since Russia’s Invasion Of Ukraine. *European Council on Foreign Relations*. <http://www.jstor.org/stable/resrep49236>
- Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *American Economic Review*, 99(3), 1053–1069. <https://doi.org/10.1257/aer.99.3.1053>
- Li, X., Ma, J., Wang, S., & Zhang, X. (2015). How does Google Search Affect Trader Positions and Crude Oil Prices? *Economic Modelling*, 49, 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.04.005>
- Liu, Z., Ding, Z., Lv, T., Wu, J. S., & Qiang, W. (2019). Financial Factors Affecting Oil Price Change and Oil-stock Interactions: a Review and Future Perspectives. *Natural Hazards*, 95(1–2), 207–225. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3473-y>
- Liu, J., Wu, S., & Zidek, J. v. (1997). On Segmented Multivariate Regression. *Statistica Sinica*, 7(2), 497–525. <http://www.jstor.org/stable/24306090>
- Mead, D. & Stiger, P. (2015). The 2014 Plunge in Import Petroleum Prices: What Happened? *Beyond the Numbers*, 4(9), 1–6.
- Montoro, C. (2012). Oil Shocks and Optimal Monetary Policy. *Macroeconomic Dynamics*, 16(2), 240–277. <https://doi.org/10.1017/S1365100510000106>
- Ozawa, M., & Tardy, T. (2022). The Russia-Ukraine War and the European Energy Crisis. In *War in Europe: (Preliminary Lessons)*. NATO Defense College. <http://www.jstor.org/stable/resrep41406.9>
- Perron, P. (1997). Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables. *Journal of Econometrics*, 80(2), 355–385. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(97\)00049-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(97)00049-3)
- Perron, P. (2005). Dealing with Structural Breaks (Boston University - Department of Economics - Working Papers Series, Issues WP2005-017). Boston University - Department of Economics.



- Plante, M., & Strickler, G. (2021). Closer to One Great Pool? Evidence from Structural Breaks in Oil Price Differentials. *The Energy Journal*, 42(2). <https://doi.org/10.5547/01956574.42.2.mpla>
- Quandt, R. E. (1960). Tests of the Hypothesis That a Linear Regression System Obeys Two Separate Regimes. *Journal of the American Statistical Association*, 55(290), 324–330. <https://doi.org/10.1080/01621459.1960.10482067>
- Quint, D., & Venditti, F. (2020). The Influence of OPEC+ on Oil Prices: a Quantitative Assessment. ECB Working Paper Series (Vol. 2467).
- Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461–464. <http://www.jstor.org/stable/2958889>
- Shaeri, K., Adaoglu, C., & Katircioglu, S. T. (2016). Oil Price Risk Exposure: A Comparison of Financial and Non-financial Subsectors. *Energy*, 109, 712–723. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.028>
- Smith, J. L. (2009). World Oil: Market or Mayhem? *Journal of Economic Perspectives*, 23(3), 145–164. <https://doi.org/10.1257/jep.23.3.145>
- Tule, M. K., Ndako, U. B., & Onipede, S. F. (2017). Oil Price Shocks and Volatility Spillovers in the Nigerian Sovereign Bond Market. *Review of Financial Economics*, 35, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2017.03.003>
- U.S. Energy Information Administration – EIA - U.S. oil production growth in 2014 was largest in more than 100 years.
Disponível em <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=20572> (acedido em 10 de julho de 2024).
- Weideman, J., Inglesi-Lotz, R., & van Heerden, J. (2017). Structural Breaks in Renewable Energy in South Africa: A Bai & Perron break Test Application. *Renewable and Sustainable Energy REViews*, 78, 945–954. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.106>
- Xiong, Y., Sun, S., Wang, Z., Wang, K., & Liu, L. (2016). Application of Structural Breakpoint Test to the Correlation Analysis between Crude Oil Price and U.S. Weekly Leading Index. *Open Journal of Business and Management*, 04(02), 322–328. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2016.42034>
- Yagi, M., & Managi, S. (2023). The spillover effects of rising energy prices following 2022 Russian invasion of Ukraine. *Economic Analysis and Policy*, 77, 680–695. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.12.025>
- Zarei, A., Ariff, M., Hook, L. & Nassir, A. (2015). Identifying multiple structural breaks in exchange rate series in a finance research. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, vol. 23, no. S, pp. 155 – 166