

As Medidas de Mitigação Fiscal Estabilizaram os Mercados de Combustíveis?

Avaliação da intervenção fiscal portuguesa de 2022 — Econometria & Sistemas Complexos

Política: Portaria n.º 140-A/2022, 29 de Abril — Redução do ISP

Amostra Temporal: Janeiro 2021 – Abril 2026 (1.945 obs. diárias)

Abordagem: ITS · NARDL · EGARCH · MF-DFA · ρ DCCA

ITS

CAUSALIDADE

NARDL

TRANSMISSÃO

EGARCH

VOLATILIDADE

MF-DFA

COMPLEXIDADE

ρ DCCA

DEPENDÊNCIA

ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE INSTITUCIONAL

Disclaimer

As opiniões, interpretações e conclusões expressas nesta apresentação e no respetivo artigo de investigação são da **exclusiva responsabilidade do autor** e não refletem, necessariamente, a posição oficial, as diretrizes ou as políticas da instituição a que se encontra vinculado (Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais do Ministério das Finanças).

Trabalho desenvolvido estritamente no âmbito do Curso de Avaliação de Políticas Públicas da Nova SBE Summer School.

“*Sentimos a necessidade de regressar às disciplinas relevantes da física e da matemática para encontrar modelos complementares. No início da crise, as ferramentas macroeconómicas disponíveis revelaram-se de utilidade limitada. De facto, em muitos aspetos, os modelos baseados na economia padrão não foram desenhados para antecipar uma crise, muito menos para explicar o que estava a acontecer.*”

— Jean-Claude Trichet (2010)

6ª Conferência de Bancos Centrais do BCE, Frankfurt

O DESAFIO NA AVALIAÇÃO

Modelos econométricos clássicos assumem frequentemente linearidade, normalidade e eficiência. Num cenário de choque (crise de 2022), estas premissas podem falhar, e podem esconder os verdadeiros impactos das políticas públicas.

A INSPIRAÇÃO DO ESTADO DA ARTE

Inspirado em estudos recentes de fronteira, como a avaliação de correlação cruzada em múltiplas escalas (ρ DCCA) na economia liderada pelo **Prof. Mengwan Zhang (Beijing University)**, este trabalho cruza as duas ciências.

"Em que medida é que a redução extraordinária do ISP alterou a trajetória dos preços, a volatilidade, os mecanismos de transmissão do Brent, a complexidade temporal e a relação em várias escalas entre o mercado português de combustíveis e o mercado internacional?"

**Dinâmica
Temporal**

ITS + EGARCH

Preços & Volatilidade

**Transmissão
de Choques**

NARDL + PDCCA

Pass-through & Dependência

**Propriedades
Estruturais**

MF-DFA

Complexidade & Persistência

Três dimensões, cinco métodos, uma avaliação integrada.

ALINHAMENTO TEÓRICO

Evolução Metodológica

Adaptação dos conceitos curriculares às restrições dos dados



A intuição teórica, a inferência causal, a transmissão e a memória temporal mantêm-se rigorosamente idênticas ao currículo padrão. A expansão metodológica não representa uma rutura teórica, mas sim uma **necessidade econométrica** para não violar os pressupostos face à natureza dos dados diários durante a crise energética.

Arquitetura Metodológica

Triangulação empírica para robustez da inferência causal

MÉTODO	OBJETIVO ANALÍTICO	HIPÓTESE TESTADA	CONTROLO DE ROBUSTEZ
ITS	Efeito causal no nível	ISP reduziu efetivamente os preços?	Erros Newey-West (HAC)
NARDL	Pass-through assimétrico	Alterou-se a transmissão Brent→Retalho?	Bounds Test / Subperíodos
EGARCH	Volatilidade condicional	Reduziu a incerteza e persistência?	Especificação de caudas (t-Student)
MF-DFA	Complexidade multifractal	O mercado alterou a sua persistência estrutural?	Shuffle + IAAFT
pDCCA	Dependência multiescala	Ocorreu quebra na ligação Brent-Combustíveis?	Análise dinâmica de janelas móveis

SURROGATE DATA (SHUFFLE & IAAFT)

Distinção da origem da multifractalidade:

- **Shuffle:** Destrói dependências temporais (isola distribuição)
- **IAAFT:** Destrói correlações não-lineares (preserva espectro)

Se Original $\approx$ Surrogate $\rightarrow$ Multifractalidade induzida por caudas pesadas.

BOOTSTRAP (999 RÉPLICAS)

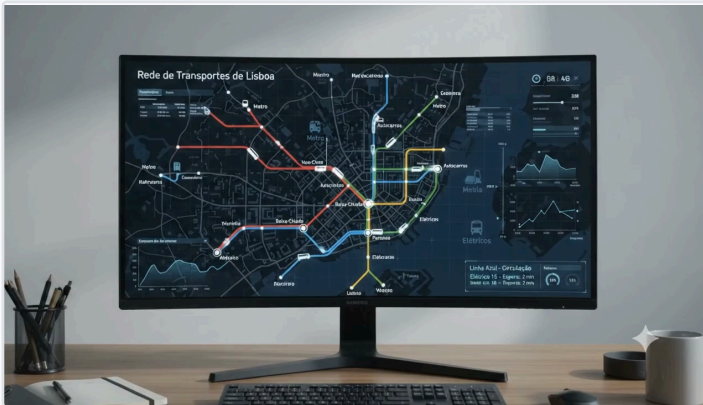
Validação da significância estatística:

- Reamostragem de Monte Carlo
- Cálculo de intervalos de confiança a 95% para $\Delta\alpha$

$P > 0.05 \rightarrow$ Não se rejeita H_0 (Complexidade puramente estocástica).

Da Máquina ao Ecosistema

A emergência de padrões não-lineares: O exemplo dos Transportes na AML



A METÁFORA DOS TRANSPORTES

Se observarmos um passageiro isolado (abordagem reducionista), o seu percurso parece linear. Mas ao observarmos a **Área Metropolitana de Lisboa** como um todo, detetamos congestionamentos "fantasmas", nós de estrangulamento nas interfaces (Gare do Oriente, Entrecampos) e dinâmicas de contágio que não podem ser previstas apenas pelas tabelas de horários. A ordem macro emerge do caos micro.

OS 3 PILARES DA COMPLEXIDADE

1. Emergência e Interdependência

O comportamento global não é a soma das partes. O atraso num comboio suburbano força a adaptação em cadeia dos passageiros na utilização posterior da rede de autocarros e do metro.

2. Não-Linearidade (Choques Assimétricos)

Retirar 10 passageiros da rede não tem impacto. Mas introduzir 10 passageiros a mais num nó crítico em hora de ponta gera um colapso desproporcional na infraestrutura.

3. Memória Longa (Inércia Estrutural)

Quando ocorre uma greve (choque exógeno), a rede não recupera o equilíbrio no minuto a seguir. O caos propaga-se ao longo do dia; o sistema adquire memória.

A ponte para a análise de políticas públicas:

O mercado português dos combustíveis não é um "relógio suíço" ajustado à perfeição pelo imposto. É uma rede de agentes (refinarias, retalhistas e consumidores) que reagem em cadeia à escassez global e aos choques fiscais, gerando assimetria, inércia prolongada e caudas pesadas.

Dinâmica Não-Linear

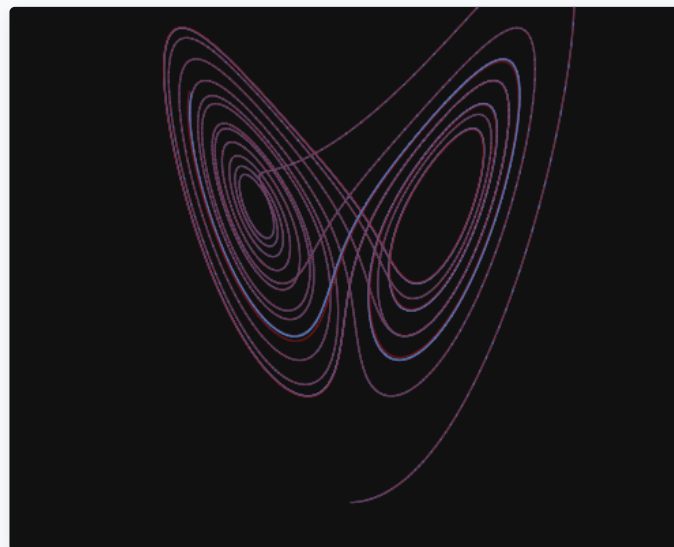
Edward Lorenz (1963) e a sensibilidade às condições iniciais

O ATRATOR DE LORENZ

Pequenas variações na formulação de políticas (condições iniciais) podem produzir trajetórias **drasticamente divergentes** no longo prazo.

Uma justificação metodológica para a modelação não-linear na avaliação da resposta retalhista a choques fiscais.

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= \sigma(y - x) \\ \frac{dy}{dt} &= x(\rho - z) - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - \beta z\end{aligned}$$



Simulação visual da divergência de trajetórias

A Geometria da Complexidade

A visão de Benoit Mandelbrot e a "rugosidade" dos mercados

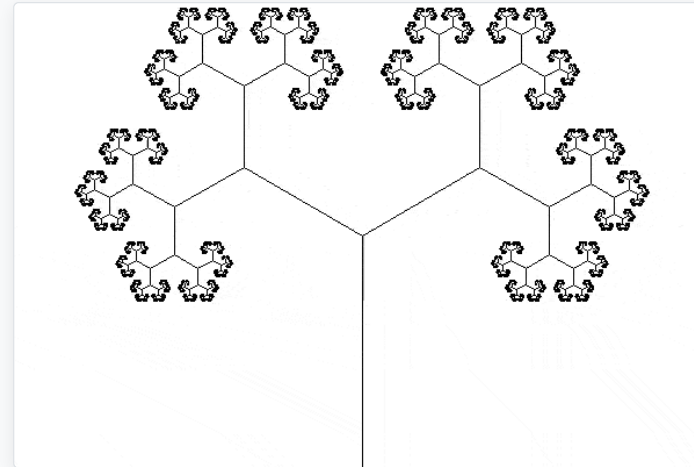
A ILUSÃO DA SUAVIDADE

A economia financeira clássica assume que os preços se movem de forma suave, aleatória e sem memória (processos de Markov). Mandelbrot (1963) provou o oposto, **os mercados são intrinsecamente "rugosos"**. A turbulência não é uma anomalia temporária, é a estrutura orgânica do sistema.

A ASSINATURA FRACTAL NOS DADOS

Tal como os ramos de uma árvore repetem a estrutura do tronco principal numa escala menor, as flutuações económicas podem exibir **auto-similaridade**.

- **Invariância de Escala:** A turbulência de um dia partilha o mesmo "ADN matemático" da turbulência de uma década.
- **Aglomerção de Volatilidade:** A memória longa faz com que grandes choques gerem novas réplicas (aglomerados de instabilidade).



$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}$$

Dimensão Fractal — A quantificação da complexidade

A Ligação Metodológica:

É esta visão que fundamenta o nosso estudo. Em 2022, o mercado português de combustíveis não absorveu o choque do ISP como se de um sistema mecânico linear perfeito se tratasse. A utilização do algoritmo **MF-DFA** não é um exercício estético, mas sim uma forma de detetar precisamente esta "rugosidade" e de demonstrar matematicamente como a estrutura da memória fractal e a turbulência dos preços foram afetadas pela intervenção do Governo.

A Anatomia dos Extremos

Distribuição Normal vs. Caudas Pesadas (Leptocurtose)

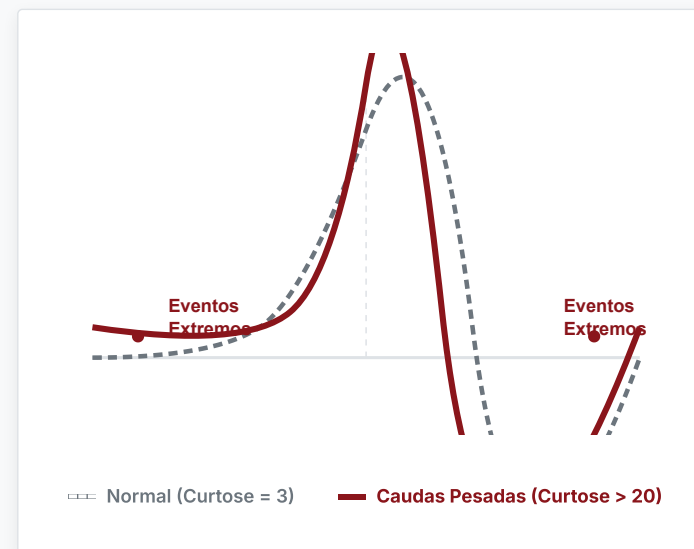
A ILUSÃO DA CURVA NORMAL (GAUSSIANA)

A econometria tradicional parte do princípio de que a maioria dos retornos se concentra em torno da média e de que os "choques extremos" (eventos a 5 ou 6 desvios padrão) são estatisticamente improváveis, ocorrendo apenas uma vez em milhares de anos. Porém, na realidade dos mercados, estes eventos ocorrem com maior frequência.

A REALIDADE: CAUDAS PESADAS (CURTOSE > 3)

Nos sistemas complexos sujeitos a pânico ou contágio (por exemplo, a crise do petróleo em 2022), o mercado adquire **Leptocurtose**.

- **Pico mais alto:** Longos períodos de acalmia artificial/estagnação.
- **Caudas "Gordas":** Choques gigantes (positivos ou negativos) ocorrem com uma frequência 10 a 100 vezes superior à prevista.



O Gasóleo apresentou uma **Curtose de 40.8**. Ignorar as caudas pesadas utilizando regressões *OLS* clássicas significaria considerar os picos da crise de 2022 como "erros estatísticos" impossíveis, quando, na realidade, estes refletem a verdadeira essência da mudança estrutural no mercado.

REFERENCIAL TEÓRICO

Expoente de Hurst: Interpretação

Métrica física para avaliação da memória dos mercados de energia

$H < 0.5$

ANTIPERSISTÊNCIA

Tendência de reversão à média.
Choques são rapidamente
corrigidos no sentido inverso.

$H \approx 0.5$

FLUTUAÇÃO ALEATÓRIA

Ausência de memória.

$H > 0.5$

PERSISTÊNCIA

Memória longa. Tendência de
continuação direcional,
agravando ineficiências.

Horizonte Temporal e Fontes

1.945

OBSERVAÇÕES DIÁRIAS

485

JANELA PRÉ-ISP

1.460

JANELA PÓS-ISP

DEFINIÇÃO DOS SUBPERÍODOS

FASE ESTRUTURAL	INTERVALO TEMPORAL	CONTEXTO MACROECONÓMICO
Pré-Choque	Jan 2021 – Abr 2022	Estabilidade relativa pós-pandemia
Intervenção (Pós-ISP)	Mai 2022 – Abr 2026	Implementação da política fiscal compensatória

FONTES DE EXTRAÇÃO

Preços Retalhistas: DGEG
Brent: Investing.com

INSTRUMENTAL COMPUTACIONAL

R 4.5.1 (rugarch, MF-DFA)
Stata 19 (NARDL, ITSA)

$$r_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

A transformação dos preços em log-retornos tem como objetivo obter séries estacionárias $I(0)$, que são posteriormente utilizadas nas análises EGARCH, MF-DFA e ρ DCCA

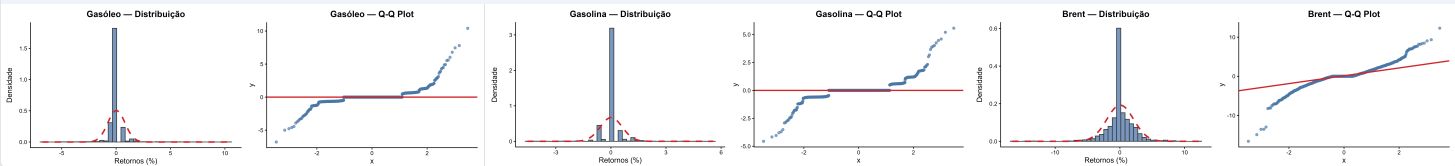
Análise da Distribuição dos Retornos

Foco na análise dos momentos de ordem superior (Assimetria e Curtose)

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS RETORNOS LOGARÍTMICOS (%)

ESTATÍSTICA	GASÓLEO	GASOLINA	BRENT (EUR)
Desvio-Padrão	0.7895	0.5946	2.0694
Mínimo	-6.791	-4.558	-16.610
Máximo	10.414	5.571	12.290
Assimetria	2.695	1.052	-0.683
Excesso de Curtose	40.799	23.553	8.871

Gráficos Q-Q: Desvios significativos nas caudas de distribuição



Implicações:

- Assimetria Positiva no Retalho: Evidência primária de ajustamento de preços favorável aos retalhistas .
- Leptocurtose Extrema: Valida a rejeição formal da normalidade estrita, requerendo a modelação EGARCH com distribuição t-Student.

Testes de Diagnóstico

TESTE ESTATÍSTICO	HIPÓTESE NULA (H ₀)	GASÓLEO	GASOLINA	DECISÃO
ADF	Raiz unitária	-29.954 ***	-29.797 ***	Séries Estacionárias I(0)
KPSS	Estacionaridade	0.132	0.143	Confirma Estacionaridade
Jarque-Bera	Normalidade	0.000 ***	0.000 ***	Rejeita H ₀
Ljung-Box (10)	Ausência de autocorrelação	0.000 ***	0.000 ***	Rejeita H ₀
BDS (m=2)	Independência linear (i.i.d.)	0.000 ***	0.000 ***	Rejeita H ₀ (Não-linear)
ARCH-LM (10)	Homocedasticidade	0.000 ***	0.000 ***	Rejeita H ₀ (Efeitos ARCH)
McLeod-Li	Independência não-linear	0.000 ***	0.000 ***	Rejeita H ₀

Nota: Níveis de significância: *** p < 0.01.

Eficácia Direta: O ISP Reduziu os Preços?

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Trend} + \beta_2 \text{Policy} + \beta_3 \text{PostTrend} + \beta_4 \text{Brent_EUR} + \varepsilon_t$$

ESTIMATIVAS DO MODELO DE SÉRIES TEMPORAIS INTERROMPIDAS

VARIÁVEL EXPLICATIVA	GASÓLEO (COEF.)	P-VALOR	GASOLINA (COEF.)	P-VALOR
Nível da Política (ISP)	-0.065	0.034 **	-0.100	0.000 ***
Tendência Prévia	0.00007	0.429	0.00021	0.028 **
Alteração de Tendência	0.00008	0.425	-0.00013	0.220
Variável de Controlo (Brent)	0.010	0.000 ***	0.007	0.000 ***

Impacto Líquido: Gasóleo

-6.5 c€/L

(p = 0.034 **)

Impacto Líquido: Gasolina

-10.0 c€/L

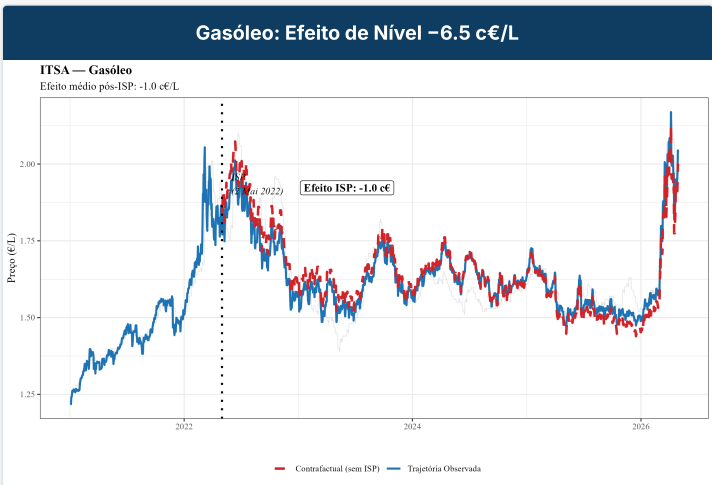
(p < 0.01 ***)

Conclusão: a política teve um impacto **puramente estático no nível**, sem produzir alterações estatisticamente significativas na inclinação temporal da série (PostTrend p > 0,05).

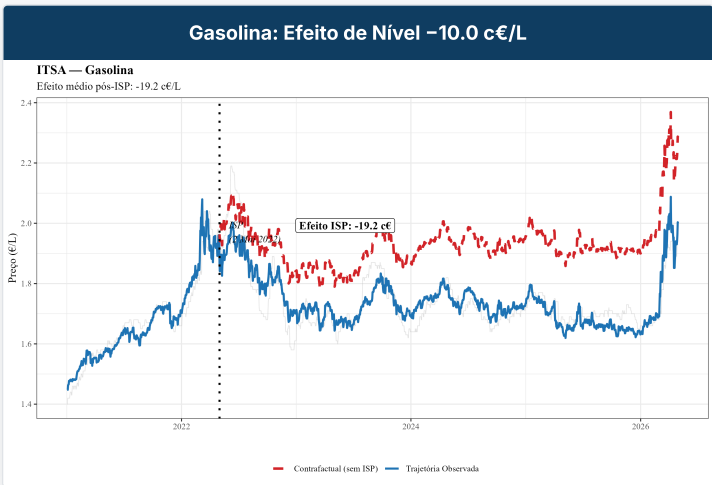
ANÁLISE CAUSAL (ITS)

Análise Contrafactual Visual

Projeção do cenário ausente de intervenção fiscal (Newey-West HAC)



Linha Azul: Trajetória Observada



Linha Vermelha: Contrafactual Estimado

Transmissão Assimétrica (NARDL)

Avaliação do ajustamento entre o mercado internacional (Brent) e retalhista nacional

VALIDAÇÃO DE COINTEGRAÇÃO: BOUNDS TEST

COMBUSTÍVEL	ESTATÍSTICA F	LIMIAR I(1) A 1%	CONCLUSÃO
Gasóleo	16.644	6.341	Cointegração a 1%
Gasolina	12.035	6.341	Cointegração a 1%

PARÂMETROS DE AJUSTAMENTO (AMOSTRA GLOBAL)

COMPONENTE	GASÓLEO	GASOLINA
Termo de Correção de Erro (ECT)	-0.028***	-0.023***
Simetria Longo Prazo (LR)	[0.141] (Simétrica)	[0.939] (Simétrica)
Impacto Subida Brent (Δ Brent ⁺)	-0.052***	-0.040***
Impacto Descida Brent (Δ Brent ⁻)	-0.098***	-0.057***

Análise por Subperíodos (Pré vs. Pós-ISP)

Abrandamento do mercado e emergência de assimetria estrutural

VELOCIDADE DE REVERSÃO À MÉDIA

O tempo (em dias) que o mercado demora a corrigir 50% de um desvio face ao equilíbrio internacional.

Gasóleo 9.2 → 23.9 dias

Gasolina 9.5 → 30.1 dias

O ajustamento tornou-se ~3x mais lento.

QUEBRA DA SIMETRIA (TESTE DE WALD)

Probabilidade (p-value) de a transmissão de longo prazo ser estruturalmente simétrica.

PERÍODO	GASÓLEO	GASOLINA
Pré-ISP	0.401 (Simétrico)	0.811 (Simétrico)
Pós-ISP	< 0.001 (Assimétrico)	< 0.001 (Assimétrico)

Emergência de forte assimetria estrutural no Pós-ISP.

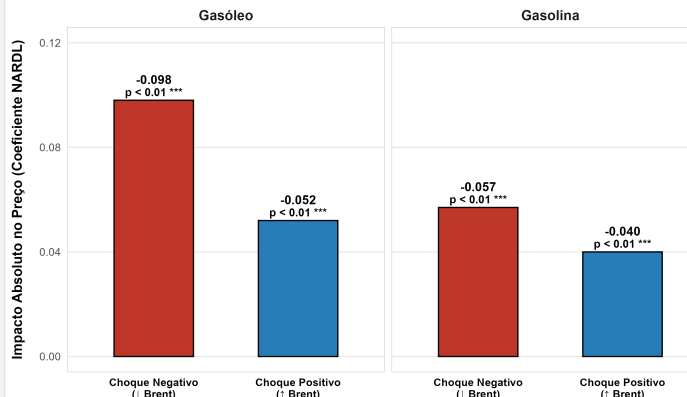
A Rejeição do "Rockets and Feathers"

No curto prazo, as descidas do Brent têm um impacto imediato superior ao das subidas, tanto no **gasóleo (-0.098 vs -0.052)** como na **gasolina (-0.057 vs -0.040)**. Isto **rejeita a hipótese clássica de *Rockets and Feathers***.

A verdadeira mutação ocorreu no Longo Prazo: o mercado ficou mais protegido da volatilidade diária, mas tornou-se mais rígido estruturalmente e com incentivos distorcidos no período pós-ISP.

Efeito 'Rockets and Feathers' nos Combustíveis Portugueses

Coefficientes Imediatos (Curto Prazo) do Modelo NARDL(2,2,2)



Fonte: Estimação NARDL(2,2,2). *** p < 0.01

Compressão da Incerteza (EGARCH)

Avaliação do efeito da política sobre a variância dos retornos (Distribuição t-Student)

VARIÂNCIA PRÉ-ISP (GASÓLEO)

1.88%



VARIÂNCIA PÓS-ISP

0.05%

ESTRUTURA DO MODELO DA VARIÂNCIA (GASÓLEO)

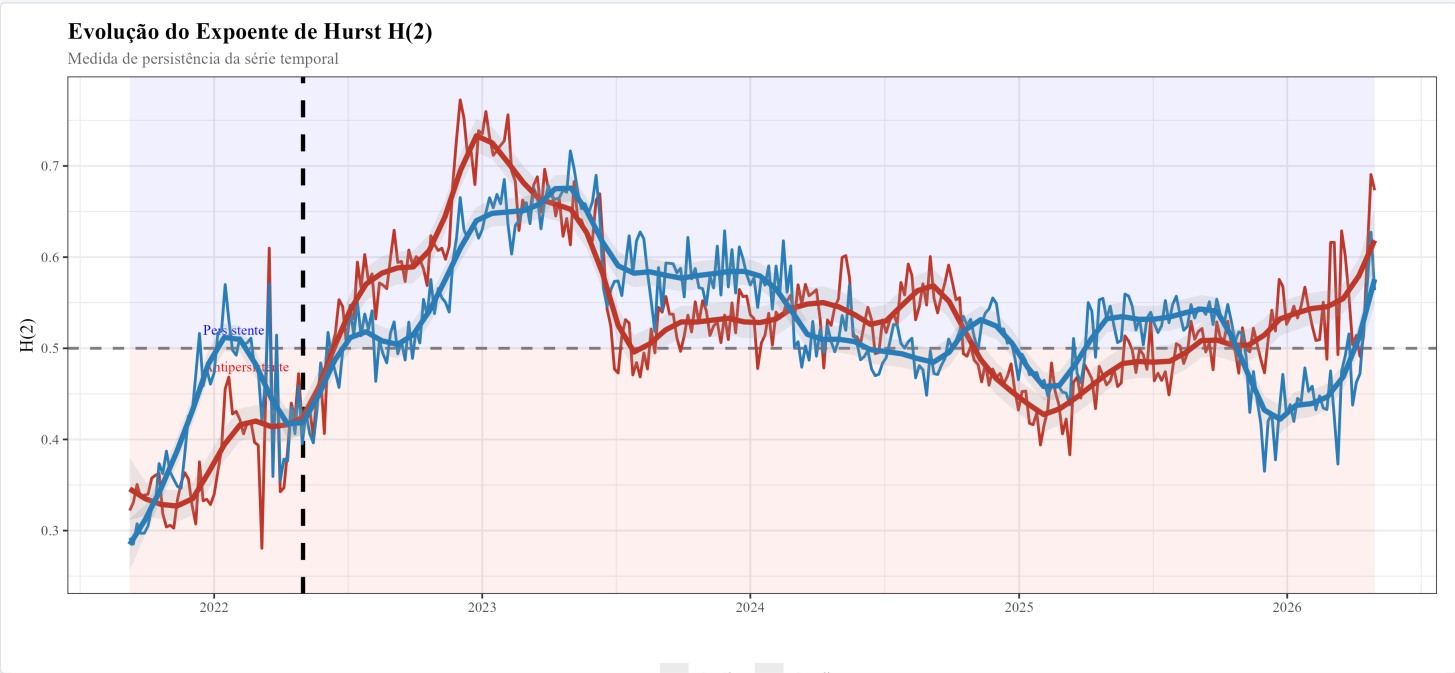
PARÂMETRO	ESTIMATIVA
Persistência (β_1)	0.9982 ***
Assimetria / Leverage (γ_1)	-0.00055 ***
Forma (Shape / t-Student)	2.104 ***

O parâmetro β_1 muito próximo de 1 indica uma elevada persistência da volatilidade, o que é consistente com a presença de volatilidade aglomerada e uma dissipação lenta dos efeitos dos choques. O coeficiente γ_1 negativo e estatisticamente significativo indica assimetria na resposta da volatilidade aos choques, o que é consistente com um efeito de alavancagem, em que os choques negativos têm um efeito diferente, e neste caso potencialmente mais pronunciado, sobre a volatilidade. O parâmetro *shape*, próximo de 2,1, é consistente com a presença de caudas pesadas, o que justifica a utilização de uma distribuição *t-Student* em vez da hipótese de normalidade.

A introdução da barreira fiscal e compensatória provocou uma diminuição acentuada da instabilidade dos preços, reduzindo a volatilidade média condicional em 97% para o gasóleo e em 99% para a gasolina.

Evolução Temporal da Complexidade

Rolling MF-DFA | Janela: 250 dias | Passo: 5 dias | 347 avaliações independentes



SUBPERÍODOS: LARGURA DO ESPETRO ($\Delta\lambda$)

FASE	GASÓLEO (MÉDIA)	GASOLINA (MÉDIA)
Pré-ISP	0.439	0.529
Pós-ISP	0.682	0.652
Pico (Crise)	> 1.200	> 1.200

SUBPERÍODOS: PERSISTÊNCIA $H(2)$

FASE	GASÓLEO $H(2)$	GASOLINA $H(2)$
Pré-ISP	0.377	~ 0.440
Pós-ISP (Crise)	0.543	> 0.500

O mercado abandonou um estado de rápida autocorreção (antipersistência, $H < 0.5$) para um estado temporário de inércia e memória longa persistente.

Quebra da Transmissão Estrutural (ρ DCCA)

Coeficiente de Correlação Cruzada entre o Brent e o Retalho

MERCADO PRÉ-INTERVENÇÃO

$$\rho > 0$$

CORRELAÇÃO POSITIVA SIGNIFICATIVA

O mercado interno respondeu de forma consistente à estrutura de sinal do mercado petrolífero internacional, rejeitando estatisticamente a hipótese de independência em todas as janelas temporais analisadas.

Mercado Pós-Intervenção

$$\rho \approx 0$$

CORRELAÇÃO ESTATISTICAMENTE NULA

Os coeficientes de correlação caem dentro do intervalo de confiança estabelecido pelas séries surrogate $[-0,14; 0,14]$. Verifica-se uma total desintegração temporal da matriz de custos.

A intervenção fiscal funcionou como uma espécie de "escudo" que rompeu a correlação estrutural entre os dois mercados (Kenett et al., 2012; Reboredo & Ugolini, 2018).

Síntese e Implicações da Política Pública

INSTRUMENTO ANALÍTICO	PRINCIPAL EVIDÊNCIA	INTERPRETAÇÃO
ITSA	Redução imediata e estatisticamente significativa do nível dos preços	Efeito imediato da intervenção
NARDL	Ajustamento mais lento e assimétrico após 2022	Alteração da transmissão dos choques internacionais
EGARCH	Redução da volatilidade condicional média	Estabilização da volatilidade
MF-DFA	Alterações temporárias na persistência e heterogeneidade das flutuações	Alteração do comportamento temporal das flutuações
ρ DCCA	Menor regularidade da dependência entre os mercados após 2022	Alteração da dependência em diferentes escalas

Resposta à Pergunta de Partida

A intervenção fiscal esteve associada a uma **diminuição significativa dos preços e da volatilidade** após a sua aplicação. No entanto, a diminuição da amplitude das flutuações não foi acompanhada pela eliminação da persistência da volatilidade nem por um ajustamento mais rápido dos preços aos desequilíbrios. Embora o modelo NARDL identifique assimetria no período posterior à intervenção, este resultado deve ser interpretado com cautela, dado coincidir com alterações sucessivas na política fiscal, nomeadamente a redução do mecanismo de desconto aplicado aos combustíveis. Além disso, a análise do período total não revela um efeito sistemático do tipo *rockets and feathers*. Por conseguinte, a assimetria observada no período posterior não deve ser interpretada automaticamente como uma alteração estrutural no comportamento do mercado, podendo refletir, pelo menos em parte, a própria trajetória de ajustamento da política fiscal.

FIM DA APRESENTAÇÃO

Obrigado.

Sessão de Arguição e Discussão

RUI VIGÁRIO RODRIGUES

Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais
Ministério das Finanças

NOVA SBE SUMMER SCHOOL — CURSO DE AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Anexos & Backup

Suporte Estatístico para a Arguição

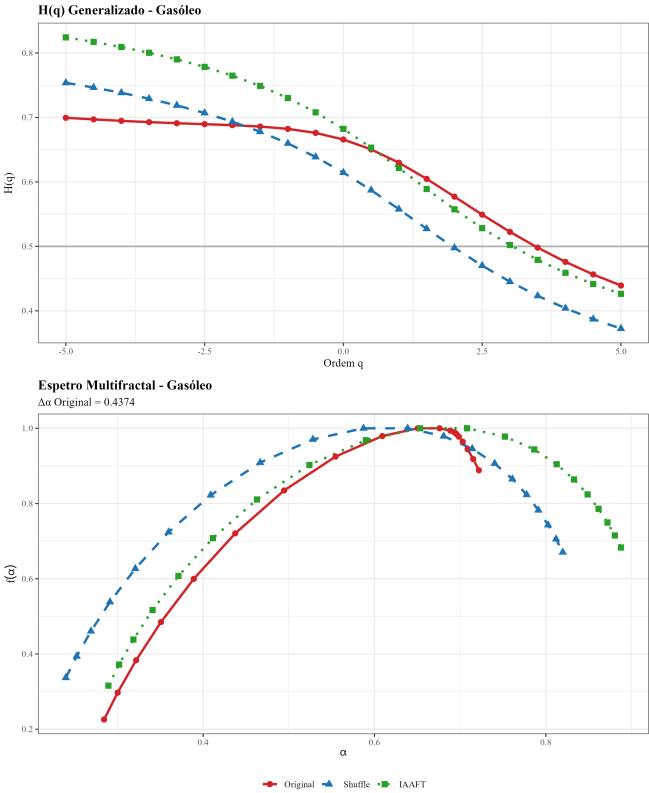
BACKUP | ECONOFÍSICA

Avaliação global (2021-2026) e Testes Surrogate (Shuffle/IAAFT)

PARÂMETROS GLOBAIS DO ESPETRO

MÉTRICA	GASÓLEO	GASOLINA
Largura do Espectro ($\Delta\alpha$)	0.437	0.370
P-valor Shuffle	0.961 (n.s.)	0.902 (n.s.)
P-valor IAAFT	0.990 (n.s.)	0.887 (n.s.)

Os P-valores > 0.05 demonstram que a complexidade da amostra global não constitui um padrão estrutural permanente (é gerada por caudas pesadas/outliers temporários).



PARÂMETROS GLOBAIS DO ESPETRO

MÉTRICA	GASÓLEO	GASOLINA
Largura do Espectro ($\Delta\alpha$)	0.437	0.370
P-valor Shuffle	0.961 (n.s.)	0.902 (n.s.)
P-valor IAAFT	0.990 (n.s.)	0.887 (n.s.)

Os P-valores > 0.05 demonstram que a complexidade da amostra global não constitui um padrão estrutural permanente (é gerada por caudas pesadas/outliers temporários).

