

# Choques pandémicos

**Paulo Júlio**  
Banco de Portugal e CEFAGE

**José R. Maria**  
Banco de Portugal

Julho 2022

## Resumo

Este artigo introduz três choques pandémicos num modelo de equilíbrio geral—com impactos na procura determinada pelas famílias nacionais, na procura determinada por agentes externos e na oferta global—e concebe uma estratégia de estimação com dados para Portugal. Para o efeito, utiliza um filtro de Kalman em dois períodos amostrais distintos, em que os choques têm variância nula até 2019:4 e são estimados a partir dessa data. Os choques pandémicos têm um impacto contemporâneo no produto 6 a 16 vezes maiores do que os equivalentes não pandémicos, e explicam cerca de 90% da variância do erro de previsão, até 1 ano, para o Produto Interno Bruto. O primeiro período de confinamento é essencialmente marcado por perturbações do lado da oferta (a qual também afeta o lado da procura devido aos impactos sobre o rendimento esperado das famílias), *i.e.* uma incapacidade das empresas de produzir bens. As fases de confinamento seguintes dependem mais acentuadamente de perturbações do lado da procura—interna numa primeira fase e externa numa segunda fase—*i.e.* uma incapacidade de consumir bens. O setor produtivo parece ter ficado mais resistente aos efeitos associados ao COVID-19 ao longo de 2021, em linha com uma redução gradual das perturbações nas cadeias de abastecimento, após o colapso registado após o primeiro período de confinamento. Em contraste, a inflação é determinada principalmente por perturbações não pandémicas, particularmente por choques sobre os custos de produção. (JEL: C11, C13, E20, E32)

Palavras-chave: Modelos DSGE, Portugal, área do euro, pequena economia aberta, estimação bayesiana, crise pandémica, confinamento.

---

## 1. Introdução

O período 2020-21, marcado pela crise pandémica, não tem paralelo na história recente. Os confinamentos e o distanciamento social infligiram prejuízos importantes tanto às empresas quanto às famílias, suspendendo as capacidades produtivas do lado da oferta (incapacidade de produzir a mesma quantidade de bens e serviços) e forçando a constituição de poupanças do lado da procura (incapacidade de consumir a mesma quantidade de bens e serviços). A situação em Portugal não foi

---

Agradecimentos: Agradecemos os comentários e sugestões de Nuno Alves, João Amador e Pedro Duarte Neves. As análises, opiniões e conclusões aqui expressas são de exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente as opiniões do Banco de Portugal ou do Eurosistema. Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais da FCT—Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia—no âmbito do projeto UIDB/04007/2020.

E-mail: [pjulio@bportugal.pt](mailto:pjulio@bportugal.pt); [jrmaria@bportugal.com](mailto:jrmaria@bportugal.com)

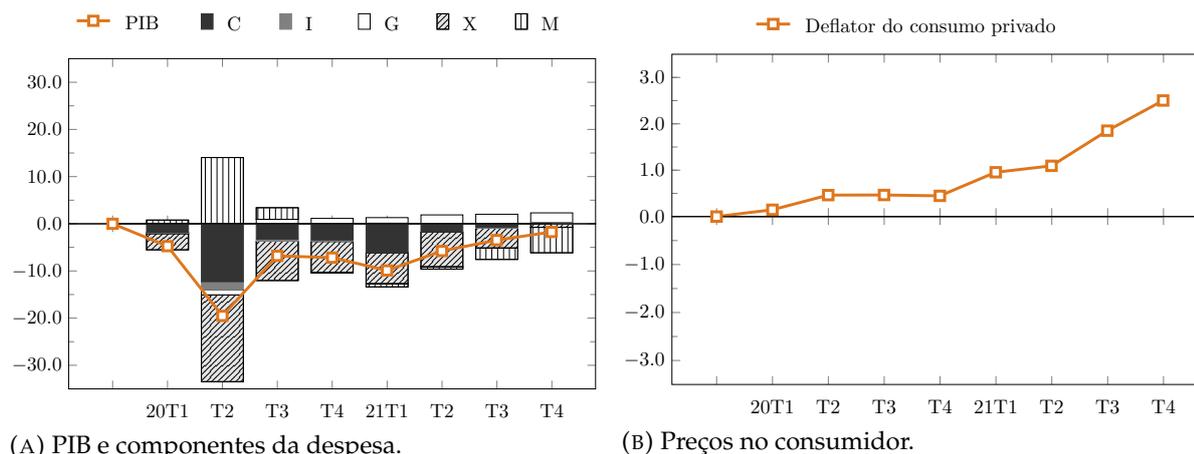


GRÁFICO 1: Produto e preços no consumidor durante o período pandémico.

Fontes: INE e contas dos autores.

Notas: PIB, componentes da despesa e preços no consumidor (Contas Nacionais) são apresentados em índice (2019T4 = 0). O consumo privado é identificado por C, o investimento privado por I, o consumo e investimento do Estado por G, as exportações por X e as importações por M.

exceção. O período de confinamento, no primeiro semestre de 2020, desencadeou um decréscimo sem precedentes no Produto Interno Bruto (PIB), o qual atingiu cerca de 20% (Gráfico 1). Os impactos foram parcialmente revertidos no terceiro trimestre, mas a nova fase de confinamento que entrou em vigor no final de 2020 e início de 2021 desencadeou uma nova queda na produção, colocando o PIB cerca de 10% abaixo do nível pré-pandemia. Os trimestres seguintes foram caracterizados por uma recuperação gradual da produção, embora o PIB ainda estivesse cerca de 1,5% abaixo do nível pré-pandemia no final de 2021. O consumo privado e o comércio internacional foram particularmente afetados em 2020T2. As importações recuperaram rapidamente, mas as exportações ainda estavam abaixo do nível pré-pandemia no final de 2021. A crise pandémica teve um impacto menos expressivo no lado nominal, com os preços ao consumidor a manter uma tendência ascendente, particularmente em 2021.

Este artigo apresenta uma estratégia de identificação dos determinantes e das características que estiveram subjacentes à crise pandémica em Portugal, sob a perspectiva de um modelo estocástico de equilíbrio geral (do inglês, *Dynamic Stochastic General Equilibrium Models*, doravante abreviado por DSGE). O modelo é estimado utilizando métodos Bayesianos e observações trimestrais para vinte e cinco séries, incluindo variáveis reais, nominais e financeiras.<sup>1</sup> Neste contexto, apresenta-se uma separação entre os efeitos que decorrem do lado da procura doméstica (*aka* poupança

1. Os modelos DSGE estimados, os quais tem assumido um papel importante entre várias instituições (Júlio e Maria (2021) apresentam diversas referências), fornecem uma interpretação estrutural das flutuações do ciclo económico, e os subprodutos da estimação constituem poderosos dispositivos de narrativa e instrumentos de análise económica e de política. Por exemplo, Júlio e Maria (2017) apresentam uma versão estimada do modelo PESSOA para abordar o período pós-2008. Esta versão também foi usada para identificar os principais determinantes subjacentes às projeções do PIB do Banco de Portugal ao longo de 2020–2022 (Banco de Portugal 2020).

forçada devido à incapacidade das famílias em consumir bens), do lado da procura externa (*aka* colapso na penetração das exportações de bens e serviços, incluindo turismo, devido à incapacidade dos agentes externos em consumir bens produzidos internamente) e do lado da oferta global (*aka* encerramentos forçados). Esta opção baseou-se num processo de seleção e experimentação e estas perturbações (doravante designadas choques pandémicos) explicam a maior parte da variabilidade económica registada durante o período pandémico. A implementação do choque doméstico com impacto na poupança forçada oferece pouca discordância, e segue as abordagens de Faria-e-Castro (2021) ou Cardani *et al.* (2021). O choque da procura externa acabou por desempenhar um papel fundamental durante o processo de seleção, refletindo flutuações nas exportações durante este período que não poderiam ser determinadas a partir de nenhuma outra fonte. Nenhum destes choques tem persistência, por hipótese, em linha com Cardani *et al.* (2021), devido à sua natureza fundamentalmente temporária. No entanto, podem sobrevir efeitos endógenos persistentes devido à dinâmica do modelo. O choque de oferta é mais controverso. Após alguma experimentação, selecionou-se um processo de reversão à média baseado numa média móvel de segunda ordem, com efeitos sobre a taxa de crescimento da tecnologia partilhada por Portugal e pela área do euro, em que um período de crescimento negativo é seguido por um período esperado de crescimento positivo e *vice-versa*.<sup>2</sup> Embora distinto, este choque tem alguma semelhança com o desenvolvido por Guerrieri *et al.* (2020).<sup>3</sup>

O modelo não pode ser estimado através das metodologias usuais, utilizando dados entre os anos 2000 e a crise pandémica, uma vez que a quebra de estrutura gera uma elevada instabilidade nos parâmetros. Os desvios padrão estimados para o período pré-pandemia não permitem descrever os últimos anos de forma adequada, dados os níveis de volatilidade verificados nesse período. A superação desta dificuldade assentou, em primeiro lugar, na estimação do modelo para o período 1999:1-2019:4 nos moldes apresentados em Júlio e Maria (2022). O modelo é exatamente identificado, além dos erros de medida, incorporando 25 choques e 25 variáveis observadas. Os três choques pandémicos têm, nesta fase, uma variância nula que é calibrada. Em segundo lugar, a restrição de variância zero é removida e os choques pandémicos são estimados para o período 2020:1-2021:4 (especificamente, os três desvios padrão dos novos processos estocásticos e os dois parâmetros relacionados com as componentes da média móvel do

---

2. O processo de seleção de choques também teve em consideração as características identitárias de uma pequena economia aberta. Por exemplo, Eichenbaum *et al.* (2021, 2020) argumentam que se deveriam considerar perturbações de procura agregada e de oferta agregada, impulsionadas pela gestão de risco com impactos no consumo e na oferta de mão-de-obra das famílias. No entanto, os autores têm em consideração as características da economia dos Estados Unidos. Em termos comparativos, o modelo de economia aberta utilizado neste artigo atribui um papel mais relevante a um choque de oferta que afete tanto a economia interna quanto a externa, bem como a uma perturbação do lado da procura externa que acabe por espelhar o colapso das exportações e a sua recuperação subsequente.

3. Os autores apresentam um choque de oferta num modelo keynesiano multisetorial que gera efeitos colaterais de procura potencialmente elevados, devido às repercussões no rendimento das famílias, e argumentam que confinamentos, *layoffs* e saídas de empresas poderão ter criado este tipo de efeitos durante a pandemia.

choque pandémico, os quais têm impacto na taxa de crescimento da tecnologia), num enquadramento em que os restantes parâmetros e desvios padrão são calibrados.

Na fase seguinte, utiliza-se um filtro de Kalman linear para inferir os choques estruturais durante o período da pandemia, num ambiente heteroscedástico, em que os choques pandémicos têm variância zero até 2019:4 e um valor estimado positivo posteriormente. Durante a pandemia, o filtro utiliza os choques pandémicos, que apresentam desvios padrão estimados muito superiores aos dos seus equivalentes não-pandémicos, para alocar a maior parte da volatilidade registada. Os choques pandémicos têm um impacto na produção que é 6 a 16 vezes maior do que os equivalentes não-pandémicos, e explicam cerca de 90% da variância do erro de previsão do PIB até um ano e cerca de 80% até 3 anos.

O ano de 2020 é muito marcado por perturbações do lado da oferta (que no caso em análise também afetam a procura devidos aos efeitos no rendimento). A redução correlacionada de todas as componentes da procura agregada, em paralelo com a queda da produção na área do euro, sugere que o choque subjacente a estes desenvolvimentos deverá ter a característica de afetar tanto a produção nacional quanto a externa, em vez de setores específicos da economia, *i.e.* uma incapacidade das empresas produzirem bens durante o primeiro período de confinamento. De acordo com o modelo DSGE, esta interpretação é mais provável do que a alternativa, que consiste em alocar o período recessivo a vários choques individuais (teoricamente não correlacionados), com efeitos em cada setor da economia doméstica—*viz.* consumo privado, consumo e investimento públicos, investimento privado e exportações—em conjunto com um choque com efeitos na procura externa. A volatilidade da produção ao longo de 2021 depende mais fortemente de perturbações do lado da procura. A maior queda no consumo privado no primeiro trimestre, *vis-à-vis* outros componentes da procura, e a recuperação mais acentuada das exportações durante o segundo semestre do ano, sugerem impactos mais específicos em cada setor, em vez das perturbações consistentes com a incapacidade das empresas de produzir bens. Ou seja, os períodos de confinamento subsequentes produziram um impacto que se fez sentir sobretudo na incapacidade das famílias domésticas e dos agentes estrangeiros em consumir bens, enquanto o setor produtivo se tornava mais resistente aos efeitos do COVID-19, em linha com a recuperação do choque de oferta após o colapso registado em 2020.

A literatura sobre a relação entre a doença pandémica e a atividade económica ainda é escassa, embora em expansão acentuada. Uma importante dimensão de análise assenta em propostas da biologia matemática (*e.g.* Kermack e McKendrick 1927; Atkeson *et al.* 2020; Berger *et al.* 2020), as quais são inseridas em estruturas modernas de equilíbrio geral (*e.g.* Eichenbaum *et al.* 2020, 2021; Glover *et al.* 2020; Alvarez *et al.* 2021).<sup>4</sup> Estes modelos endogenizam a dinâmica das epidemias em conjunto com o funcionamento da economia, sendo assim capazes de abordar questões como as melhores respostas no âmbito das políticas de saúde, um tema que ultrapassa o teor deste artigo. Alguma literatura considera que a epidemia emerge de forma exógena e estuda os seus efeitos

---

4. Outros exemplos desta literatura incluem, por exemplo, Krueger *et al.* (2021) e Farboodi *et al.* (2021)

numa dimensão económica, como por exemplo na política orçamental (e.g Faria-e-Castro 2021; Bayer *et al.* 2020). Mais relacionado com este artigo, Cardani *et al.* (2021) analisa os efeitos económicos de curto prazo da crise pandémica através de um modelo DSGE. Os autores introduzem choques pandémicos pontuais no modelo, *viz.* poupanças forçadas (famílias incapazes de consumir) e acumulação de mão-de-obra (hiato entre horas pagas e trabalhadas). Os autores estimam o modelo para a economia da área do euro até 2019:4 através de métodos Bayesianos e utilizam um filtro Kalman linear em sub amostras para inferir choques estruturais durante o período pandémico, assumindo um desvio padrão calibrado para o choque de poupança forçada substancialmente superior ao valor estimado durante o período pandemia. As suas conclusões favorecem o choque sobre a poupança interna como principal motor do crescimento do PIB durante o período recente.<sup>5</sup> A abordagem seguida neste artigo difere desta última em duas dimensões fundamentais. Primeiro, a seleção de choques pandémicos baseia-se em experimentação, e identifica diferentes perturbações durante os períodos de confinamento. Este método de seleção não pode ser dissociado do enquadramento identitário de uma pequena economia aberta, o qual atribui um maior papel aos choques externos, contrastando com uma configuração concebida para a área do euro. Em segundo lugar, a aplicação do filtro de Kalman linear é baseada em desvios padrão estimados de choques pandémicos, fornecendo uma descrição mais precisa dos impactos da pandemia. Corrado *et al.* (2021) também concebeu uma estratégia para identificar choques estruturais em tempos de catástrofe, concluindo que a pandemia COVID-19 é atribuível a uma combinação de fatores da procura e do lado da oferta.<sup>6</sup>

O resto do artigo é organizado da seguinte forma. A secção seguinte apresenta uma breve descrição do modelo. As secções posteriores clarificam a metodologia, a base de dados e o conteúdo estocástico do modelo. Segue-se uma secção que destaca os principais determinantes e características da crise pandémica sob a perspetiva do modelo DSGE estimado. A última secção apresenta algumas conclusões.

## 2. Um modelo DSGE para uma pequena economia da area do euro

O modelo utilizado neste artigo contempla agentes com vida infinita e é idêntico à versão mais complexa utilizada em Júlio e Maria (2022). De inspiração neo-keynesiana para uma pequena economia integrada numa união monetária, o modelo incorpora estruturas de produção multissetoriais, concorrência de mercado imperfeita, rigidez nominal e real e fricções financeiras. Os fluxos comerciais e financeiros estão restritos aos países da área do euro, sendo que esta região é imune a choques domésticos, uma consequência do enquadramento associado a uma economia pequena e aberta. A lei do

---

5. Esta hipótese de heterocedasticidade está em linha com a abordagem seguida por Lenza e Primiceri (2020) no contexto de um modelo VAR.

6. Outros artigos relacionados com a identificação de choques durante a pandemia incluem Charalampidis e Guillochon (2021), Céspedes *et al.* (2020) e Can *et al.* (2021).

preço único implica que os preços domésticos estão unidos ao nível de preços da área do euro no longo prazo.

A economia doméstica é composta por oito tipos de agentes: famílias, produtores de bens intermédios, produtores de bens finais (distribuidores), importadores, Estado, produtores de bens de capital, empresários e bancos. O modelo fica completo com a economia externa—o resto da área do euro, composta por agentes externos e o banco central—com a qual a economia doméstica interage nos mercados de bens e financeiro. O resto da área do euro é caracterizada por um sistema de três equações—uma curva IS, uma curva IS e uma Regra de Taylor (doravante abreviado para IS-AS-TR).<sup>7</sup> Assume-se que a procura por exportações domésticas depende da procura externa, a qual está condicionada pela produção na área do euro através de um modelo autoregressivo com defasamentos distribuídos (doravante equação ADL).

Coexistem dois tipos de famílias: as detentores de ativos financeiros, que podem alisar o consumo ao longo do tempo utilizando esses ativos; e as famílias sem acesso ao mercado de títulos, as quais gastam a totalidade do seu rendimento em cada período. A família representativa retira utilidade do consumo e desutilidade do trabalho. O fluxo de utilidade é aditivo e separável nestas componentes. As famílias são compostas por trabalhadores e empresários, os quais beneficiam de um seguro de consumo perfeito. Estes agentes fornecem trabalho aos produtores de bens intermédios, e recebem remunerações líquidas de impostos dos empregadores, transferências do Estado e dividendos com origem nos produtores de bens intermédios, finais e de capital, importadores e empresários. As famílias detentores de ativos financeiros podem investir em títulos emitidos por agentes externos e em títulos de dívida pública e privada doméstica, esta última emitida pelas empresas. A condição de arbitragem iguala a rendibilidade esperada das dívidas, em equilíbrio, e existe um prémio de risco endógeno da economia que introduz um hiato entre as taxas de juro doméstica e externa. Do lado da despesa, estas famílias adquirem bens de consumo, com o diferencial entre despesa e rendimento a refletir-se nas variações da posição de investimento líquida. As famílias que não detêm ativos também oferecem trabalho aos produtores de bens intermédios e recebem transferências do Estado.

Todas as famílias oferecem variedades específicas de trabalho. O salário é determinado pelas famílias detentores de ativos, pelo que as restantes tratam esta variável como exógena. A partir do funcionamento do mercado de trabalho resulta uma equação de salários de equilíbrio que incorpora uma margem cobrada pelas famílias detentores de ativos aos empregadores, a qual reflete o hiato entre a desutilidade do trabalho e o salário.

Os produtores de bens intermédios combinam capital, alugado aos empresários, com serviços de mão-de-obra, para produzir um bem intermédio que depois é vendido aos distribuidores. Estes agentes operam em concorrência perfeita no mercado de *inputs* e

---

7. Em comparação com Júlio e Maria (2021), o atual modelo deixou de incluir sindicatos. Estes agentes foram essenciais no modelo de geração sobrepostas para criar uma margem salarial paga pelos produtores de bens intermédios (um diferencial entre o salário pago por estas empresas e o salário recebido pelas famílias). Os lucros dos sindicatos eram posteriormente distribuídos às famílias sob a forma de dividendos.

em concorrência monopolística no mercado de *outputs*, suportam custos de ajustamento quadráticos sempre que alteram os preços e pagam contribuições para a segurança social e impostos sobre os lucros.

O acelerador financeiro—no qual as fricções financeiras afetam a taxa de rendibilidade do capital, depois de impostos, e por conseguinte a procura de capital—compreende os produtores de bens de capital, os empresários e os bancos, tal como em Bernanke *et al.* (1999) e Christiano *et al.* (2014). Os produtores de bens de capital detêm a exclusividade da sua produção. Antes de cada ciclo de produção, eles compram o capital não depreciado aos empresários e combinam-no com bens de investimento comprados aos distribuidores para produzir o novo capital da economia, o qual é depois novamente vendido aos empresários. Os produtores de bens de capital suportam custos de ajustamento quadráticos quando alteram os níveis de investimento, operando num ambiente perfeitamente competitivo tanto no mercado de *inputs* como de *outputs*.

As decisões dos empresários têm um efeito direto sobre a acumulação de capital da economia. Estes agentes não possuem recursos próprios suficientes para financiar a aquisição desejada de capital, mas podem colmatar a diferença recorrendo a empréstimos bancários.<sup>8</sup> Dados os recursos próprios, os empresários determinam o capital que desejam comprar aos seus produtores e, por conseguinte, a composição do balanço da empresa e a alavancagem. Os empresários operam num ambiente com risco no qual choques idiossincráticos alteram o valor do *stock* de capital (depois da composição do balanço ter sido decidida). Estes agentes alugam posteriormente este *stock* de capital aos produtores de bens intermédios—que o usará no processo produtivo—auferindo uma rendibilidade pelo aluguer, e pagam impostos sobre os lucros obtidos.

Os bancos operam num ambiente perfeitamente competitivo, e o seu papel é unicamente recolher fundos das famílias detentoras de ativos e disponibilizar esses recursos financeiros aos empresários. Se um empresário declarar falência, devido a um choque idiossincrático adverso, o banco tem de suportar um custo para tomar posse do valor da empresa em falência. Dado que as aquisições de capital são arriscadas, também os empréstimos dos bancos o são, originando a cobrança de um diferencial sobre a taxa de juro da economia para cobrir perdas por falência. Embora os empréstimos individuais sejam arriscados, a carteira agregada dos bancos é livre de risco, uma vez que cada banco detém uma carteira de empréstimos totalmente diversificada. O contrato celebrado entre o empresário e o banco engloba um menu de taxas de juros condicionais, as quais asseguram lucro zero em todos os períodos e em todos os estados da natureza. Os empréstimos das famílias são portanto livres de risco em todos os momentos.

Os distribuidores combinam bens intermédios domésticos com bens importados para produzir os bens finais. Os bens de consumo são adquiridos pelas famílias, os bens de investimento pelos produtores de bens de capital, os bens de consumo público pelo Estado, e os bens de exportação pelos distribuidores estrangeiros. Os distribuidores são

---

8. A distribuição de dividendos considerada no modelo impede uma acumulação de capitais próprios além do necessário para recorrer a financiamento externo.

perfeitamente competitivos no mercado de *inputs* e monopolisticamente competitivos no mercado de *outputs*, suportando custos de ajustamento quadráticos quando alteram os preços e pagando impostos sobre os lucros obtidos.

As despesas do Estado compreendem não só a aquisição dos já mencionados bens de consumo público, adquiridos junto dos distribuidores, como também transferências *lumpsum* para as famílias e juros da dívida pública. Estas despesas são financiadas através de impostos sobre os salários, os rendimentos de capital e o consumo das famílias. O governo também pode emitir títulos de dívida pública com maturidade de um trimestre para financiar despesas, pagando uma taxa de juro sobre a dívida emitida. Os impostos sobre os rendimentos de salários incluem as contribuições pagas pelos trabalhadores (doravante denominados impostos sobre o trabalho) e pelos produtores de bens intermédios. As alterações nos impostos sobre o trabalho garantem que a dívida evolua ao longo de uma trajetória não explosiva, embora as políticas de estabilização automáticas permitam que o equilíbrio orçamental possa desviar-se temporariamente do objetivo pré-determinado.

O resto do mundo corresponde ao resto da união monetária, e assim a taxa de câmbio efetiva nominal está irrevogavelmente fixada na unidade. A economia doméstica interage com a economia externa através do mercado de bens e do mercado financeiro. No mercado de bens, os importadores compram bens ao exterior para serem usados na produção de bens finais domésticos, suportando custos de ajustamento quadráticos quando alteram os preços. No mercado financeiro internacional, as famílias detentoras de ativos comercializam ativos para alisar o consumo.

### 3. Choques e base de dados

Na segunda fase, introduziram-se no modelo três choques específicos da pandemia, os quais estão associados ao período de confinamento. Estes determinam a maior parte dos impactos que ocorreram durante este período, e a sua seleção ocorreu após um extenso período de experimentação. O primeiro é um choque de procura interna, implementado como um choque *iid* nas preferências das famílias, com impacto na equação de Euler. O segundo é um choque *iid* de penetração de exportações, o qual representa uma perturbação exógena de procura externa. O terceiro é um choque do lado da oferta Harrod-neutral, com impacto na tecnologia de amplificação do fator trabalho com uma raiz unitária. Esta perturbação teve um melhor desempenho na explicação da crise pandémica quando comparada com a componente estacionária porque apreende co-movimentos tanto em variáveis domésticas como externas.<sup>9</sup> Mais precisamente, a tecnologia  $T_t$  é caracterizada por um processo de raiz unitária  $\log(T_t/T_{t-1}) = g_t^{\text{NP}} + g_t^{\text{P}}$ , em que a componente não-pandémica  $g_t^{\text{NP}}$  segue um processo autoregressivo de primeira ordem, e

---

9. Não se distingue entre margens intensiva e extensiva, e a base de dados para estimação do modelo inclui horas trabalhadas e salários por hora (em vez de indivíduos). Existe um acentuado co-movimento entre estes dados e o PIB durante a crise pandémica, pelo que os efeitos de acumulação extraordinária de mão-de-obra não estão incorporados no modelo nem são determinados por qualquer processo estocástico.

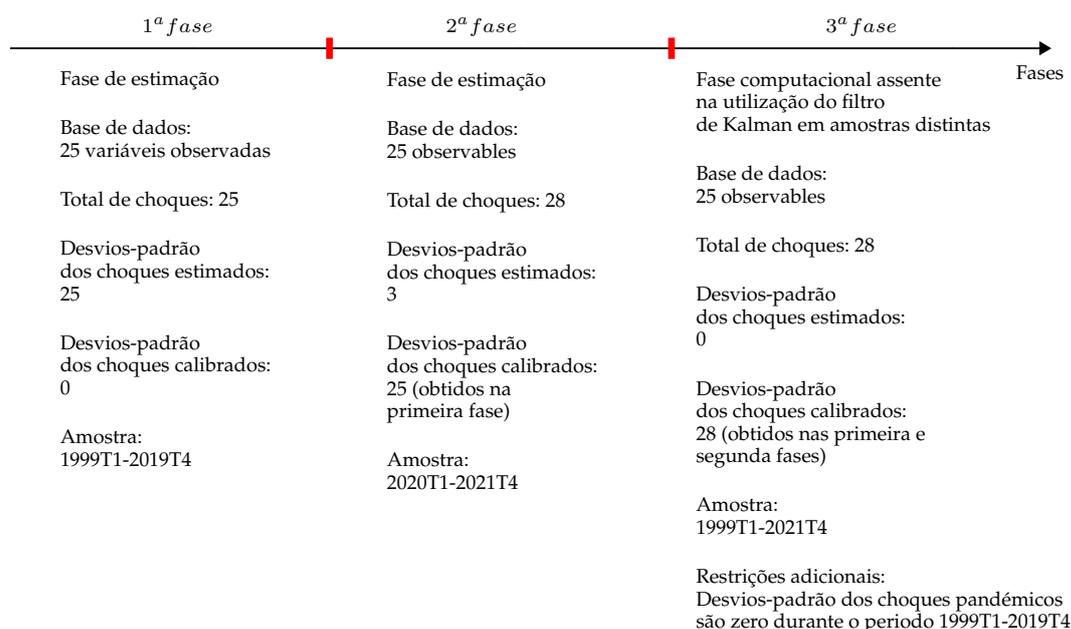


GRÁFICO 2: Fases de estimação e computacional.

Fontes: Os autores.

Notes: O número total de choques é apresentado no Gráfico 1 e a base de dados no Gráfico 2.

$$\log(g_t^P/g) = \tilde{\varepsilon}_t^{g,P} - \omega_1 \tilde{\varepsilon}_{t-1}^{g,P} - \omega_2 \tilde{\varepsilon}_{t-2}^{g,P}$$

é a taxa de crescimento durante a pandemia, a qual segue um processo média móvel de segunda ordem com choques *iid*,  $\tilde{\varepsilon}_t^{g,P}$ , com distribuição Normal. Assume-se uma reversão total dos impactos na distribuição *a priori* da média (*i.e.*  $\omega_1 + \omega_2 = 1$ ), embora *a posteriori* se estime uma reversão parcial (*i.e.*  $\omega_1 + \omega_2 < 1$ ). Assim, uma perturbação negativa da taxa de crescimento, que determina uma redução da tecnologia, é seguida por dois períodos em que o crescimento se situa acima do nível do estado estacionário e em que a tecnologia recupera, mas esta permanece abaixo do nível inicial. O comportamento dos outros choques durante o período pré-pandemia, o que acabou por levar à não consideração de outros choques para caracterizar os períodos de confinamento. Note-se que o nível de tecnologia  $T_t$  relativo à função de produção dos produtores de bens intermédios consta de todas as equações de medida que incorporam variáveis observadas integradas de primeira ordem, por exemplo, o PIB.<sup>10</sup>

10. A ausência de persistência nos dois choques do lado da procura é fundamental para superar alguns problemas de identificação desencadeados no processo de estimação dos parâmetros de persistência. No âmbito da avaliação dos choques do lado da oferta, considerou-se uma perturbação tecnológica estacionária doméstica do tipo *labor-augmenting* face a uma perturbação do tipo *Harrod-neutral* de natureza tecnológica internacional. Esta última apresentou um desempenho substancialmente melhor na

Componente	Agente	Processo	Agregação
<b>Famílias</b>			
Preferências	Famílias	AR(1)	O - Doméstico
<b>Crescimento</b>			
Tecnologia de amplificação do fator trabalho (raiz unitária)	Prod: bens intermédios	AR(1)	O - Doméstico
<b>Tecnologia</b>			
Tecnologia de amplificação do fator trabalho (estacionário)	Prod: bens intermédios	AR(1)	O - Doméstico
Eficiência na utilização do investimento privado	Prod: bens de capital	AR(1)	O - Doméstico
<b>Margens (markups)</b>			
Salários	Famílias	AR(1)	O - Doméstico
Preços de bens de consumo	$\mathcal{C}$ - Distribuidor	AR(1)	O - Doméstico
Preços de bens de investimento	$\mathcal{I}$ - Distribuidor	AR(1)	O - Doméstico
Preços de bens de consumo público	$\mathcal{G}$ - Distribuidor	AR(1)	O - Doméstico
Preços de bens de exportação	$\mathcal{X}$ - Distribuidor	AR(1)	O - Doméstico
<b>Choques orçamentais</b>			
Consumo público e investimento	Estado	AR(1)	O - Doméstico
Transferências	Estado	AR(1)	O - Doméstico
Taxas de imposto: trabalho	Estado	AR(1)	O - Doméstico
Taxas de imposto: consumo	Estado	AR(1)	O - Doméstico
Taxas de imposto: capital	Estado	AR(1)	O - Doméstico
Regra fiscal	Estado	AR(1)	O - Doméstico
<b>Choques financeiros</b>			
Prémio de risco da economia	Vários	AR(1)	O - Doméstico
Risco do empresário (crédito)	Empresários	AR(1)	O - Doméstico
Valor líquido da empresa	Empresários	AR(1)	O - Doméstico
<b>Choques externos</b>			
<b>Estrutura IS-AS-TR</b>			
Área do Euro: inflação	$\mathcal{X}$ - Distribuidor	IS-AS-TR	O - Externo
Área do Euro: PIB	$\mathcal{X}$ - Distribuidor	IS-AS-TR	O - Externo
Área do Euro: taxa de juro	Vários	IS-AS-TR	O - Externo
<b>Outros</b>			
Penetração das importações	Todos os distribuidores	AR(1)	O - Doméstico
Markup sobre o preço de bens de importação	Todos os distribuidores	AR(1)	O - Doméstico
Penetração das exportações	$\mathcal{X}$ - Distribuidor	AR(1)	O - Externo
Procura externa	$\mathcal{X}$ - Distribuidor	ADL(1)	O - Externo

#### QUADRO 1. Conteúdo estocástico do modelo.

Fontes: Os autores.

Notes: O choque tecnológico de amplificação do fator trabalho com uma raiz unitária é implementado assumindo que a primeira diferença do choque segue um processo AR(1) estacionário. A taxa de juro portuguesa é definida como a soma da taxa de juro da zona euro e um prémio de risco da economia exógeno. A coluna 'Agente' identifica o agente que é diretamente afetado pelo choque, sempre que aplicável. O agente  $\mathcal{H}$ -Distribuidor,  $\mathcal{H} \in \{\mathcal{C}, \mathcal{I}, \mathcal{G}, \mathcal{X}\}$  identifica o produtor de bens de consumo, investimento, de bens que serão adquiridos pelo Estado e de bens de exportação, respectivamente. A coluna "Agregação" identifica dois tipos de choques não-Pandémicos, nomeadamente "O-doméstico" e O-externo, os quais representam "outras" perturbações não diretamente relacionadas com o período de confinamento.

explicação das séries temporais observadas, tanto em termos de verosimilhança, quanto de variância

Variáveis observadas	Transformação
<b>Variáveis reais</b>	
PIB, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Consumo privado, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Consumo e investimento públicos, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Investimento privado, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Exportações, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Importações, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Salários reais, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
Horas trabalhadas, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
<b>Variáveis nominais</b>	
Deflator do consumo privado	Primeira diferença de logs, centrada
Deflator do consumo e investimento públicos	Primeira diferença de logs, centrada
Deflator do investimento privado	Primeira diferença de logs, centrada
Deflator das exportações	Primeira diferença de logs, centrada
Deflator das importações	Primeira diferença de logs, centrada
<b>Política orçamental</b>	
Rácio receitas/PIB: impostos indiretos	Nível, centrado
Rácio receitas/PIB: impostos sobre rend. das famílias	Nível, centrado
Rácio receitas/PIB: impostos de empresas	Nível, centrado
Rácio receitas/PIB: contribuições	Primeira diferença de logs, centrada
Rácio despesas/PIB: prestações sociais	Primeira diferença de logs, centrada
<b>Variáveis financeiras</b>	
Prémio de risco da economia	Nível (pp)
Empréstimos reais a Sociedades não financeiras	Primeira diferença de logs, centrada
Diferencial de taxas de juro de empresas	Nível (pp), centrado
<b>Variáveis da Área do Euro</b>	
PIB, per capita	Primeira diferença de logs, centrada
IHPC	Primeira diferença de logs, centrada
EURIBOR a 3 meses	Nível, centrado
<b>Outras variáveis</b>	
Procura externa, per capita	Primeira diferença de logs, centrada

## QUADRO 2. Variáveis observadas.

Fontes: INE, EUROSTAT, Banco de Portugal e cálculos dos autores.

Notas: Os agregados *per capita* são calculados com a população total. Os salários reais encontram-se deflacionados pelo deflator do consumo privado. Os empréstimos reais estão deflacionados pelo deflator do PIB. O diferencial de taxas de juro das empresas, medido em pontos percentuais (pp), é calculado com as taxas de juro pagas pelas empresas não financeiras por novos empréstimos e a EURIBOR a 3 meses. O prémio de risco da economia é medido pelo diferencial entre a taxa de juro de títulos de dívida portugueses e alemães de curto prazo (exceto no período 1999–2002, em que se assumiu um diferencial nulo, e no período 2011–2012, em que se utilizou o diferencial entre taxas de juro de empresas não financeiras portuguesas e alemãs). O IHPC é a abreviatura de Índice Harmonizado de Preços no Consumidor.

explicada. O choque é mais adequado para levar em consideração os co-movimentos entre as variáveis observadas, nacionais e estrangeiras, particularmente o PIB. Adicionalmente, o choque impacta igualmente o rendimento esperado das famílias, o que gera algumas similitudes com um choque de procura (os efeitos sobre a inflação são teoricamente indeterminados). Durante o processo de experimentação, avaliaram-se processos alternativos (incluindo modelos ARMA), mas a especificação escolhida acabou por apresentar um melhor desempenho em termos de identificação.

O modelo torna-se sobre-identificado, contendo vinte e oito processos estocásticos e vinte e cinco séries observadas. Em seguida, estima-se o modelo—especificamente os desvios-padrão dos três choques recém-introduzidos e as componentes da média móvel do choque sobre o crescimento da tecnologia—para o período 2020:1-2021:4, após calibrar todos os parâmetros previamente estimados (incluindo a persistência e desvios-padrão dos vinte e cinco processos estocásticos originais).

Todas as variáveis endógenas e respectivas transformações, antes da estimação do modelo, estão em linha com as opções usuais que se podem encontrar na literatura (*e.g.* Ratto *et al.* 2009; Christiano *et al.* 2011), e são apresentadas no Quadro 2. Note-se que as transformações dos dados observados isolam a estimação de influências exógenas não diretamente explicadas pela estrutura do modelo. As taxas implícitas associadas às contribuições patronais e o rácio prestações sociais/PIB são dois exemplos de dados observados que incorporam tendências na amostra que estão, em grande medida, relacionados com o aumento permanente da proteção social e o envelhecimento. O modelo não foi concebido para capturar essas características, que assumem uma natureza estrutural. Para ter devidamente em conta o seu comportamento nas frequências mais elevadas, calculou-se a primeira diferença (de logaritmos). Também se subtraiu a média da maioria das séries temporais—suprimindo assim as diferenças exógenas de crescimento da tendência ou as diferenças de nível—para favorecer as características associadas ao ciclo económico presentes nos dados observados e evitar a criação de tendências nos processos exógenos que afetam os rácios de variáveis em relação ao PIB.

As médias foram calculadas para o período 1999:1-2019:4 e permanecem inalteradas durante a crise pandémica. Todas as observações trimestrais estão ajustadas de sazonalidade. Sempre que as séries oficiais ajustadas não estavam disponíveis, a transformação foi realizada usando o X12 ARIMA. A exceção são os dados fiscais, que são convertidos de frequência anual para trimestral através de uma média móvel de quatro termos. Este procedimento elimina os movimentos erráticos relacionados com fluxos de fundos, os quais prejudicam as estimativas. A variância dos erros de medida foi calibrada em 5% da variância de cada série observada.<sup>11</sup>

A estimação assenta numa prática comum na literatura, na qual vários parâmetros não identificáveis ou fracamente identificados são calibrados, tendo por base estudos empíricos relevantes ou evidência micro, ou fazendo corresponder “grandes rácios” ou qualquer outra medida quantificável do estado estacionário. Os restantes parâmetros são estimados por técnicas Bayesianas. Para facilitar a estimação, o modelo é previamente estacionarizado pelo nível tecnológico partilhado por Portugal e pela área do euro. Usou-se finalmente um filtro de Kalman linear para justapor as duas fases de estimação, e calcularam-se diversos subprodutos utilizando o valor médio da distribuição *a posteriori*.

---

11. A presença dos erros de medida permite incluir o PIB e todos os seus principais componentes na base de dados, e ainda assim evitar uma singularidade estocástica na restrição de recursos, ao mesmo tempo que o processo de estimação fica mais eficiente.

	Distribuição <i>a priori</i>			Distribuição <i>a posteriori</i>		
	dist.	média	d.p.	média	5%	95%
<b>Choques pandémicos (2<sup>a</sup> fase)</b>						
<b>Média móvel (creescimento)</b>						
Ordem 1	$\Gamma$	0.75	0.10	0.50	0.38	0.60
Ordem 2	$\Gamma$	0.25	0.10	0.44	0.28	0.59
<b>Desvios padrão</b>						
Procura doméstica (famílias)	Inv- $\Gamma$	0.1	$+\infty$	0.326	0.179	0.469
Procura externa	Inv- $\Gamma$	0.1	$+\infty$	0.364	0.202	0.524
Crescimento da tecnologia	Inv- $\Gamma$	0.01	$+\infty$	0.0600	0.0308	0.0945
<b>Choques pré-pandémicos (1<sup>a</sup> fase)</b>						
<b>Parâmetros autoregressivos</b>						
Procura doméstica (famílias)	$\beta$	0.50	0.15	0.26	0.12	0.41
Procura externa	$\beta$	0.50	0.15	0.18	0.07	0.29
Crescimento da tecnologia	$\beta$	0.75	0.10	0.62	0.51	0.73
<b>Desvios padrão</b>						
Procura doméstica (famílias)	Inv- $\Gamma$	0.01	$+\infty$	0.055	0.030	0.080
Procura externa	Inv- $\Gamma$	0.01	$+\infty$	0.057	0.040	0.073
Crescimento da tecnologia	Inv- $\Gamma$	0.001	$+\infty$	0.0024	0.0019	0.0030

QUADRO 3. Estimativas dos parâmetros.

Fontes: Os autores.

Notas: Em ambas as fases de estimação, a informação *a priori* é combinada com a verosimilhança obtida a partir dos dados para obter um kernel para a distribuição *a posteriori* e a correspondente matriz de variância-covariância. Esta informação é então usada para inicializar o algoritmo adaptativo *Random-Walk Metropolis-Hastings*, e assim obter estimativas para os parâmetros da distribuição *a posteriori*. Foram calculadas 3 cadeias paralelas de 1 milhão de repetições cada, e descartadas as primeiras 500 mil. A convergência dos resultados é aferida através do teste de diagnóstico sugerido por Brooks e Gelman (1998).  $\Gamma$  identifica a distribuição gama, Inv- $\Gamma$  a distribuição gama inversa, e *beta* para a distribuição beta. Os desvios padrão estão identificados por “d.p.”

#### 4. Determinantes da crise pandémica

Esta secção apresenta os principais aspectos da crise pandémica que decorrem da estimação do modelo em duas fases. A volatilidade elevada, observada durante a pandemia, não está espelhada nos desvios-padrão estimados na primeira fase de estimação, em contraste com os resultados obtidos na segunda fase (Tabela 3). Este aumento de volatilidade é transposto para os processos que caracterizam os choques (Gráfico 3), com as componentes pandémicas a dominar os seus equivalentes não-pandémicos durante o período recente.<sup>12</sup> No entanto, uma comparação direta dos desvios-padrão estimados deve ser interpretada com cautela, uma vez que os processos estocásticos para os três choques pandémicos são diferentes devido à ausência de componentes autoregressivas (as funções de impulso-resposta que se apresentam abaixo fornecem uma comparação mais detalhada dos impactos). A componente média móvel do choque sobre o crescimento sugere um impacto permanente na tecnologia de apenas 6% da perturbação inicial, após dois trimestres, o que é bastante diferente da especificação estimada no período pré-pandemia, a qual determina uma acumulação sobre o impacto inicial devido à componente autoregressiva.

12. Todos os resultados podem ser disponibilizados pelos autores mediante solicitação. Os choques cujos parâmetros foram estimados para o período pré-pandemia e fixados durante a crise pandémica são, doravante, designados choques não-pandémicos.

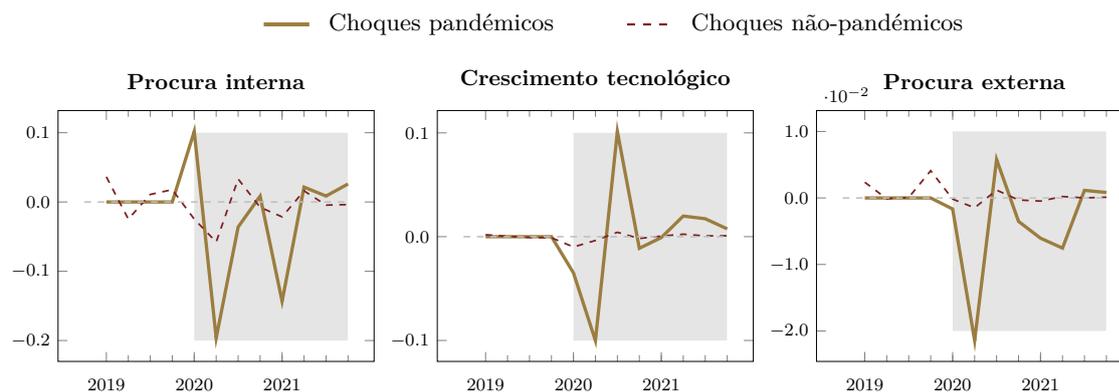


GRÁFICO 3: Evolução de alguns choques durante o período pandémico.

Fontes: Os autores.

Notas: Os choques não-pandémicos foram estimados através do filtro de Kalman linear utilizando os parâmetros estimados para o período pré-pandemia. Podem ser interpretados como a parte do choque que tem alguma semelhança com o passado.

#### 4.1. Decomposição histórica

As decomposições históricas apresentadas nos Gráficos 4 e 6 identificam os principais determinantes estruturais do crescimento do PIB e da inflação em Portugal, esta última medida pela variação do deflator do consumo privado, sob a perspectiva do modelo DSGE estimado em duas fases. Para facilitar a exposição, isolou-se os choques pandémicos e catalogou-se todos os outros vinte e cinco choques que não estão relacionados com a pandemia em duas categorias, “O-externo” e “O-doméstico” (tal como apresentado no Quadro 1). Os erros de medida e os valores iniciais são agregadas na categoria “ME-IC.” Entre os choques pandémicos, as restrições do lado da oferta explicam a maior parte da flutuação do PIB em 2020:2 e 2020:3, contabilizando cerca de 50% da redução e posterior recuperação (Figura 4). As perturbações pandémicas com origem na procura interna e externa explicam cerca de 15-25 por cento cada, enquanto as perturbações não-pandémicas têm contributos marginais. Uma interpretação direta destes resultados é que cerca de metade da queda do PIB em 2020:2 foi impulsionada pela incapacidade das empresas de produzirem bens, uma vez que muitas foram obrigadas a encerrar, ou a suspender a produção no seguimento das medidas de confinamento. A restante metade dependeu da contração da procura pelas famílias domésticas e agentes estrangeiros—a incapacidade de consumir bens—com contributos distribuídos uniformemente.

A decomposição em 2020 identificada pelo modelo está dependente do comovimento partilhado por todos as componentes da procura, bem como pela produção nacional e da área do euro (Gráfico 5). Durante a estimação do modelo verificou-se que todos os sectores—nomeadamente os quatro distribuidores de bens finais nacionais e o distribuidor externo—estão a ser afetados de uma forma correlacionada, sugerindo que a explicação deste fenómeno decorre de um determinante que os afeta a todos—o crescimento tecnológico. Os choques alternativos, por exemplo, com impactos

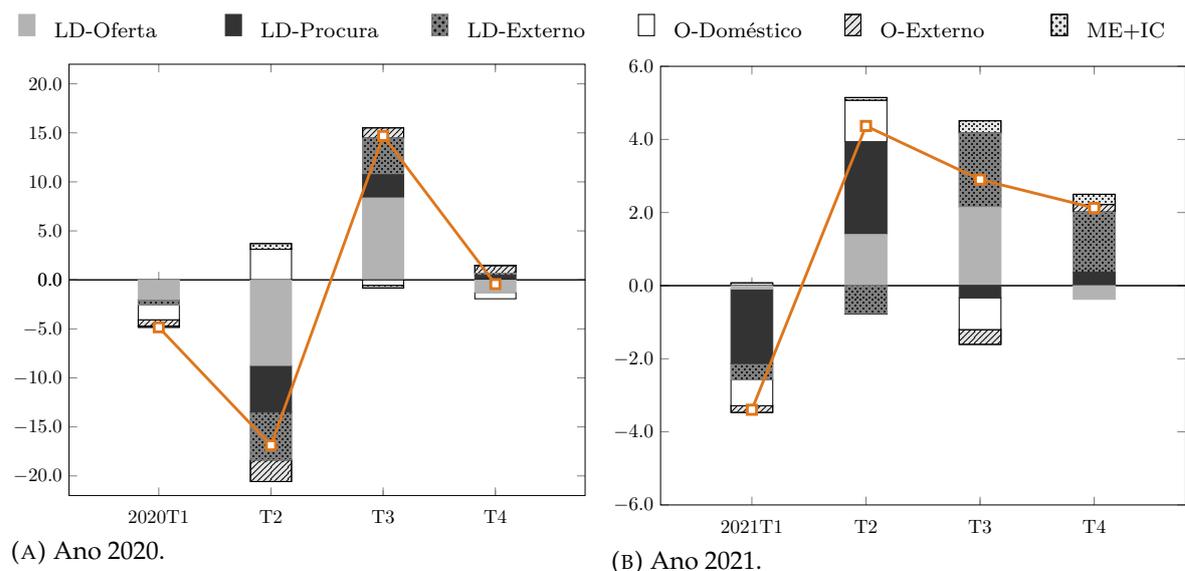


GRÁFICO 4: Decomposição histórica do crescimento do PIB.

Fontes: INE e cálculos dos autores.

Notas: O crescimento em cadeia do PIB, medido em percentagem, é identificado pela linha laranja, e as contribuições, medidas em pontos percentuais, por barras. LD identifica choques pandémicos e O outros choques (não diretamente relacionados com o confinamento). ME e IC denotam erros de medida e valores iniciais, respetivamente.

específicos em cada um dos produtores de bens finais, são teoricamente possíveis, mas improváveis, dado que se baseiam em choques *iid* e, portanto, não correlacionados. Deste modo, apenas as flutuações nas componentes da procura que não podem ser explicadas pelas perturbações no crescimento tecnológico comum têm como origem determinantes idiossincráticos. O impacto mais saliente regista-se na procura por parte das famílias e dos agentes externos, as quais afetam diretamente o consumo privado e as exportações. A redução destas componentes do PIB em 2020:2 e a subsequente recuperação em 2020:3 é mais acentuada do que o impacto desencadeado apenas pela tecnologia, pelo que são necessários determinantes idiossincráticos adicionais para explicar os restantes efeitos.

Depois de 2020:4 e ao longo de 2021, os co-movimentos entre as componentes da procura são menos evidentes e, conseqüentemente, os choques pandémicos do lado da oferta tornam-se comparativamente menos importantes para explicar as flutuações do PIB (exceto em 2021:3). Durante o primeiro semestre de 2021, o choque pandémico com impacto direto na procura efetuada pelas famílias destaca-se como o principal determinante da produção, representando cerca de 60% da flutuação do PIB durante este período (Figura 4). O contributo do choque pandémico do lado da oferta é aproximadamente nulo no primeiro trimestre e representa 30% no segundo trimestre. Esta interpretação decorre do co-movimento apresentado pelas taxas de crescimento do consumo privado e do PIB, o qual não é partilhado nem pelas outras componentes da procura, nem pela produção externa (Figura 5). Em particular, a queda do PIB em 2021:1 e subsequente recuperação em 2021:2 estão muito associadas à evolução do

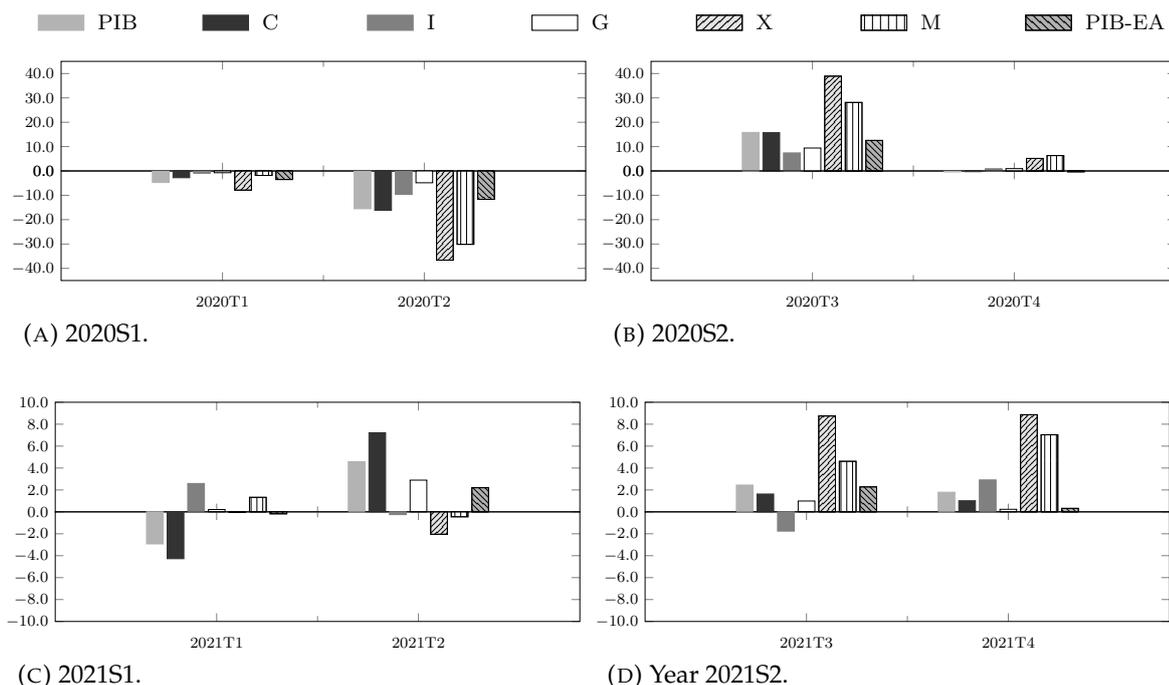


GRÁFICO 5: PIB, componentes da procura agregada, e PIB da área do euro.

Fontes: INE, EUROSTAT e cálculos dos autores.

Notas: Os dados apresentados referem-se a taxas de variação em cadeia, medidas em percentagem. PIB e PIB-EA identificam o PIB de Portugal e da área do euro. O consumo privado é identificado por C, o investimento privado por I, o consumo e investimento do Estado por G, as exportações por X e as importações por M. O primeiro e segundo semestres do ano são identificados por S1 e S2, respetivamente.

consumo privado, enquanto o investimento privado, as exportações e as importações permanecem inalteradas ou apresentam uma dinâmica distinta do crescimento do PIB durante este período. A redução das exportações em 2021:2 é interpretada como um choque de procura externa relacionado com o confinamento. Adicionalmente, quando a produção aumenta, deveria também aumentar o volume de bens importados na economia, utilizados como *inputs* na produção. O ligeiro decréscimo das importações observado em 2021:2, quando a economia estava a crescer, é compensado pelo modelo com um aumento dos bens intermédios produzidos internamente (cujos efeitos são considerados na categoria “O-Doméstico”), o que tem efeitos expansionistas sobre a atividade económica interna.

Durante o segundo semestre de 2021, o choque pandémico com impacto na procura determinada por agentes externos destaca-se como o principal fator de expansão da economia (Gráfico 4), contribuindo com cerca de 70% para o crescimento do PIB no terceiro e quarto trimestres. Esta interpretação resulta da forte recuperação das exportações durante este período, muito acima do PIB português e da área do euro (Gráfico 5). As restrições do lado da oferta relacionadas com o confinamento contribuem em cerca de 70% para o crescimento do PIB em 2021:3, embora os seus efeitos sejam parcialmente compensados por fatores domésticos, que traduzem uma substituição de bens intermédios produzidos internamente por bens importados (uma reversão do

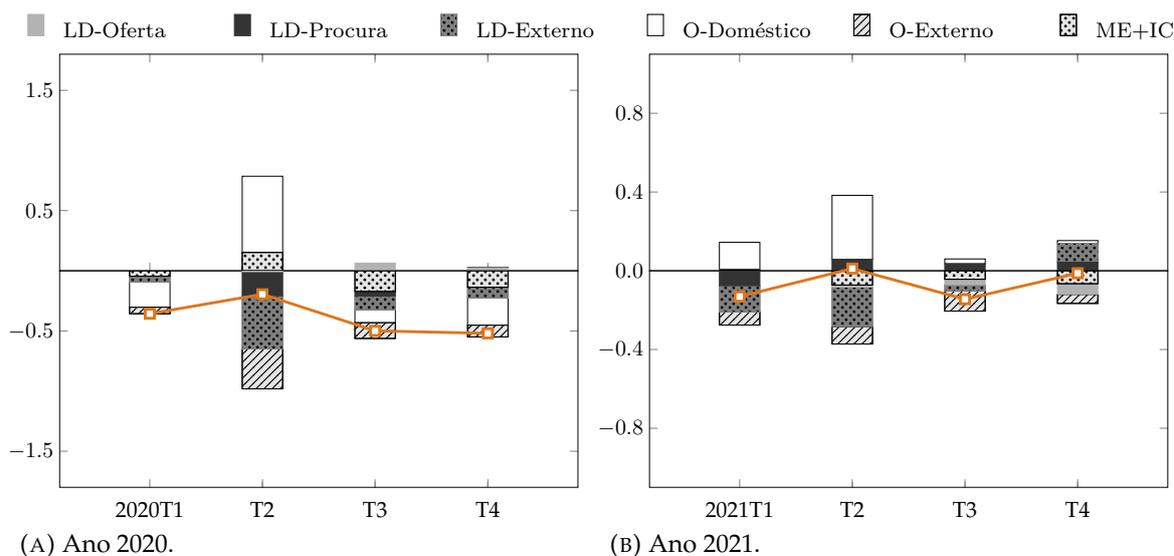


GRÁFICO 6: Decomposição histórica da inflação.

Fontes: INE e cálculos dos autores.

Notas: A inflação, centrada e medida em percentagem, é identificada pela linha laranja, e as contribuições, medidas em pontos percentuais, por barras. LD identifica choques pandémicos e O outros choques (não diretamente relacionados com o confinamento). ME e IC denotam erros de medida e valores iniciais, respetivamente. Estes último desempenha um papel importante na decomposição histórica, uma vez que o modelo tem um nível de inflação de 0,5% por trimestre, o que se reflete nesta série.

registado no trimestre anterior). Em 2021:4, as restrições à oferta relacionadas com o confinamento apresentam um contributo ligeiramente negativo para o crescimento do PIB.

A inflação é determinada principalmente por choques que não são classificados como pandémicos. Os choques pandémicos negativos do lado da procura (nacionais e estrangeiros) contribuíram negativamente para a inflação em 2020:2 (Gráfico 6), aos quais se juntaram os que geraram uma contração da procura desencadeada pela redução do rendimento no exterior—um efeito incluído na categoria “O-Externo”—verificando-se assim que a diminuição da despesa em bens produzidos internamente pressionou os preços para baixo. Estas contribuições negativas foram contrabalançadas principalmente por choques sobre os custos—incluídos na categoria “O-Doméstico”—os quais podem estar associados a custos adicionais que as empresas registaram de modo a fazer face à crise pandémica e incluem flutuações nas margens comerciais associadas ao contexto de concorrência monopolística. O choque pandémico do lado da oferta não contribuiu de modo expressivo para a evolução da inflação. É conveniente notar que o choque sobre o crescimento tem também um impacto na procura, o qual é canalizado para a economia através de uma redução do rendimento das famílias e inviabiliza a associação negativa clássica entre inflação e produção geradas por perturbações do lado da oferta. As baixas taxas de inflação registadas durante o segundo semestre de 2020 são sustentadas por um ambiente inflacionista mais contido no exterior (incluído na categoria “O-Externo”) e por uma menor margem na comercialização dos bens de consumo e dos bens importados (incluída na categoria “O-Doméstico”).

A inflação em 2021 é marcada sobretudo pela volatilidade dos choques sobre os custos, num quadro de aumento dos preços de importação. Estes choques contribuíram positivamente para a inflação no primeiro trimestre, evitando uma desaceleração dos preços, apesar da queda da atividade. A recuperação económica no segundo trimestre é acompanhada por um aumento da inflação desencadeada por uma contribuição ainda maior deste tipo de choques. No segundo semestre de 2021, a inflação aproxima-se dos níveis do estado estacionário, impulsionada pela inflação mais elevada na área do euro e pela procura externa, numa altura em que o contributo dos choques sobre os custos são praticamente nulos. Estes últimos incluem contribuições positivas (e crescentes) associadas às margens praticadas nos preços dos bens de importação e contribuições negativas associadas às margens praticadas nos preços dos bens de consumo e na evolução salarial.

#### 4.2. Funções impulso-resposta e decomposição da variância

As funções impulso-resposta, apresentadas no Gráfico 7, proporcionam uma perspetiva alternativa sobre a amplitude e o tipo de choques que atingiram a economia portuguesa durante o período pandémico. Os determinantes específicos que ocorreram durante este período são dotados de impactos reais muito maiores em comparação com os seus homólogos não-pandémicos. A amplificação contemporânea provocada por choques com origem no confinamento é seis vezes superior aos choques com impacto na procura determinada pelas famílias nacionais e pelos agentes externos, e dezasseis vezes superior no caso de perturbações do lado da oferta. Apesar da hipótese *iid*, os impactos dos choques pandémicos podem durar vários anos devido à persistência endógena. As famílias disseminam os impactos ao longo do tempo para evitar flutuações no consumo excessivas, uma implicação que decore da teoria do rendimento permanente. Os choques de procura estão associados a um impacto negativo contemporâneo na inflação substancialmente maior no caso de choques pandémicos. Posteriormente deve necessariamente registar-se um período de inflação acima do estado estacionário, de modo a que qualquer diferença nos preços relativos seja eliminada no longo prazo, uma imposição da lei do preço único, em termos absolutos, que é necessária para que se encontre uma solução fechada para o modelo.

A decomposição da variância do erro de previsão, calculada com os parâmetros estimados para o período 2020-21 (Gráfico 8), permite identificar os principais contributos para a volatilidade do ciclo económico, em torno da componente tecnológica, *vis-à-vis* a trajetória de previsão do modelo. Por conseguinte, as perturbações do lado da oferta com impacto na tendência estocástica do modelo têm pouca expressão nesta decomposição. Entre os choques pandémicos, os que incidem do lado da procura explicam cerca de 80% da variação do erro de previsão do PIB estacionário ao longo de três anos e cerca de 90% em relação a um trimestre. Os impactos encontram-se distribuídos uniformemente pelas origens nacional e externa. A volatilidade da inflação é maioritariamente ditada por choques sobre os custos dos bens e serviços, enquanto os choques pandémicos têm pouca expressão.

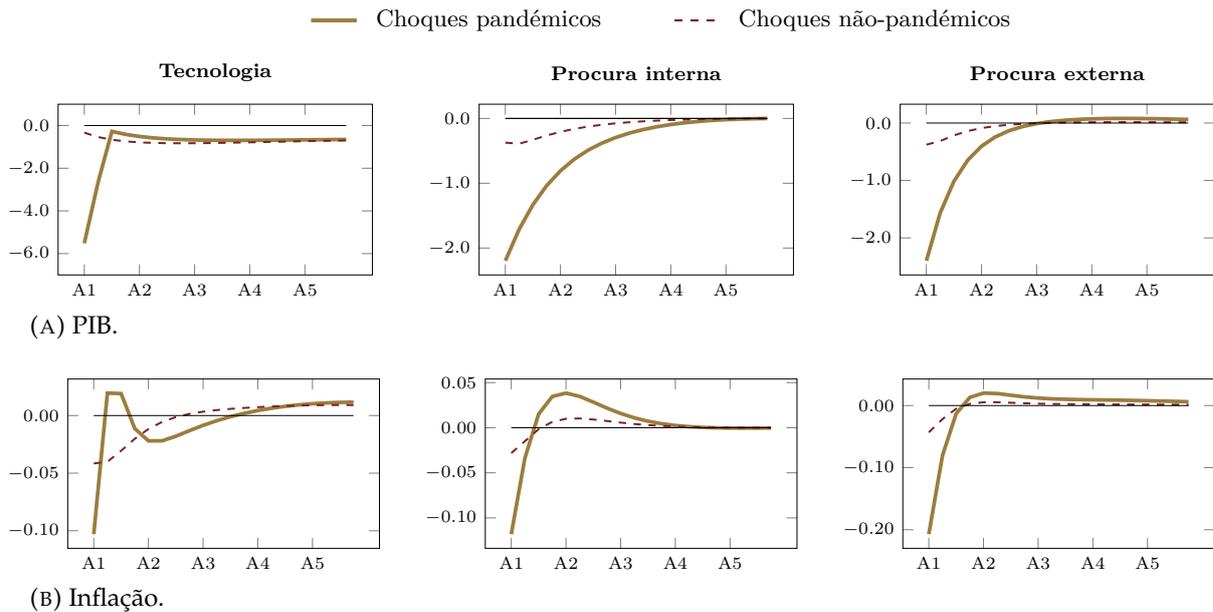


GRÁFICO 7: Funções impulso-resposta para o PIB e a inflação.

Fontes: Os autores.

Notas: A inflação é medida por variações em cadeia do deflator do consumo privado. Todos os impactos estão em desvios de estado estacionário. A1 identifica o primeiro trimestre do primeiro ano, A2 o primeiro trimestre do segundo ano, etc.

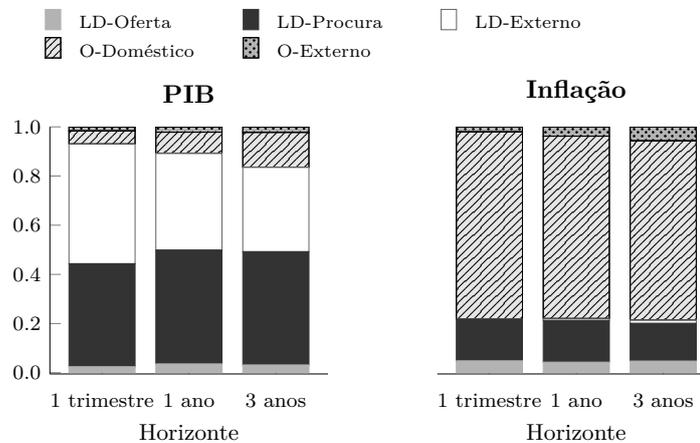


GRÁFICO 8: Decomposição da variância do erro de previsão para o PIB e a inflação.

Fontes: Os autores.

Notas: A decomposição refere-se à componente estacionária do nível do PIB português, calculado tendo em consideração o nível da tecnologia.

## 5. Conclusões

Este artigo identifica os determinantes estruturais da crise pandémica utilizando um modelo estocástico de equilíbrio geral para a economia portuguesa. Três choques—com impactos na procura determinada pelas famílias nacionais, na procura determinada por

agentes externos e na oferta global—são particularmente adequados para explicar o comportamento da atividade económica durante este período. Os choques de procura podem ser associados à incapacidade de consumir bens, enquanto os choques de oferta espelham a incapacidade das empresas de produzirem esses bens.

O papel dos determinantes alterou-se ao longo do período da pandemia. Os fatores do lado da oferta desempenharam um papel mais importante no crescimento do PIB durante 2020, à medida que a estrutura produtiva se adaptava para lidar com a crise. Este resultado é induzido pelo co-movimento registado pela produção interna e externa, bem como pelas diversas componentes da procura. O primeiro semestre de 2021 é marcado por uma elevada volatilidade na procura decidida pelas famílias domésticas, um resultado que explica a contribuição acentuada do consumo privado para o crescimento do PIB. A recuperação das exportações durante o segundo semestre de 2021 ditou um contributo importante da procura externa para o crescimento do PIB neste período. Os choques pandémicos tiveram uma expressão limitada no comportamento da inflação devido ao papel desempenhado por choques sobre os custos dos bens e serviços.

## Referências

- Alvarez, Fernando, David Argente, e Francesco Lippi (2021). “A simple planning problem for COVID-19 lock-down, testing, and tracing.” *American Economic Review: Insights*, 3(3), 367–82.
- Atkeson, Andrew *et al.* (2020). “On using SIR models to model disease scenarios for COVID-19.” *Quarterly Review*, 41(01), 1–35.
- Banco de Portugal (2020). “Caixa 3: Uma perspectiva de equilíbrio geral sobre a projeção do PIB.” *Boletim Económico - Junho 2020*, pp. 34–35.
- Bayer, Christian, Benjamin Born, Ralph Luetticke, e Gernot J Müller (2020). “The Coronavirus Stimulus Package: How large is the transfer multiplier?” Discussion Paper 14600, CEPR.
- Berger, David W, Kyle F Herkenhoff, e Simon Mongey (2020). “An SEIR infectious disease model with testing and conditional quarantine.” Working Paper 26901, NBER.
- Bernanke, Ben S., Mark Gertler, e Simon Gilchrist (1999). “The financial accelerator in a quantitative business cycle framework.” In *Handbook of Macroeconomics, Handbook of Macroeconomics*, vol. 1, edited by J. B. Taylor e M. Woodford, chap. 21, pp. 1341–1393. Elsevier.
- Brooks, Stephen P e Andrew Gelman (1998). “General methods for monitoring convergence of iterative simulations.” *Journal of computational and graphical statistics*, 7(4), 434–455.
- Can, Ufuk, Zeynep Gizem Can, Mehmet Emin Bocuoglu, e Muhammed Erkam Dogru (2021). “The effectiveness of the post-Covid-19 recovery policies: Evidence from a simulated DSGE model for Turkey.” *Economic Analysis and Policy*, 71, 694–708.
- Cardani, Roberta, Olga Croitorov, Massimo Giovannini, Philipp Pfeiffer, Marco Ratto, Lukas Vogel, *et al.* (2021). “The Euro Area’s Pandemic Recession: A DSGE-Based

- Interpretation." Discussion Paper 153, European Commission.
- Céspedes, Luis Felipe, Roberto Chang, e Andrés Velasco (2020). "The macroeconomics of a pandemic: a minimalist model." Working Paper 27228, NBER.
- Charalampidis, Nikolaos e Justine Guillochon (2021). "The COVID-19 pandemic and the consumption of nondurables and services." *Applied Economics Letters*, pp. 1–12.
- Christiano, Lawrence J, Roberto Motto, e Massimo Rostagno (2014). "Risk shocks." *American Economic Review*, 104(1), 27–65.
- Christiano, Lawrence J, Mathias Trabandt, e Karl Walentin (2011). "Introducing financial frictions and unemployment into a small open economy model." *Journal of Economic Dynamics and Control*, 35(12), 1999–2041.
- Corrado, Luisa, Stefano Grassi, e Aldo Paolillo (2021). "Identifying Economic Shocks in a Rare Disaster Environment." Working Paper 517, CEIS.
- Eichenbaum, Martin S, Sergio Rebelo, e Mathias Trabandt (2020). "Epidemics in the neoclassical and new Keynesian models." Working Paper 27430, NBER.
- Eichenbaum, Martin S, Sergio Rebelo, e Mathias Trabandt (2021). "The macroeconomics of epidemics." *The Review of Financial Studies*, 34(11), 5149–5187.
- Farboodi, Maryam, Gregor Jarosch, e Robert Shimer (2021). "Internal and external effects of social distancing in a pandemic." *Journal of Economic Theory*, 196, 105293.
- Faria-e-Castro, Miguel (2021). "Fiscal policy during a pandemic." *Journal of Economic Dynamics and Control*, 125, 104088.
- Glover, Andrew, Jonathan Heathcote, Dirk Krueger, e José-Víctor Ríos-Rull (2020). "Health versus wealth: On the distributional effects of controlling a pandemic." Working Paper 27046, NBER.
- Guerrieri, Veronica, Guido Lorenzoni, Ludwig Straub, e Iván Werning (2020). "Macroeconomic implications of COVID-19: Can negative supply shocks cause demand shortages?" Working Paper 26918, NBER.
- Júlio, Paulo e José R Maria (2017). "The Portuguese post-2008 period: A narrative from an estimated DSGE model." Working Papers 15, Banco de Portugal.
- Júlio, Paulo e José R Maria (2021). "Lições de um modelo estrutural com agentes de vida infinita." *Banco de Portugal Economic Studies*, 7(1), 81–103.
- Júlio, Paulo e José R. Maria (2022). "Comparing estimated structural models of different complexities: What do we learn?" Working Papers 5, Banco de Portugal.
- Kermack, William Ogilvy e Anderson G McKendrick (1927). "A contribution to the mathematical theory of epidemics." *Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 115(772), 700–721.
- Krueger, Dirk, Harald Uhlig, e Taojun Xie (2021). "Macroeconomic Dynamics and Reallocation in an Epidemic: Evaluating the "Swedish Solution"." Discussion Papers Series 75, University of Bonn and University of Cologne.
- Lenza, Michele e Giorgio E Primiceri (2020). "How to Estimate a VAR after March 2020." Working Paper 27771, NBER.
- Ratto, Marco, Werner Roeger, e Jan in't Veld (2009). "QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy." *economic Modelling*, 26(1), 222–233.