

Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Economia

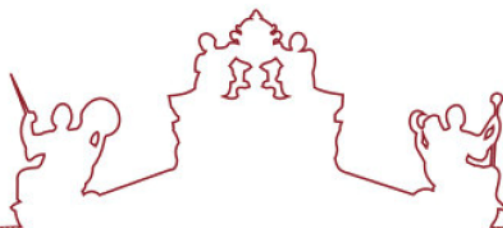
Dissertação

**A Revolução e a Indústria 4.0: A Economia Portuguesa no
contexto europeu**

Rita Isabel Cangalhas Micaelo

Orientador(es) | Miguel Sousa

Évora 2023



Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Economia

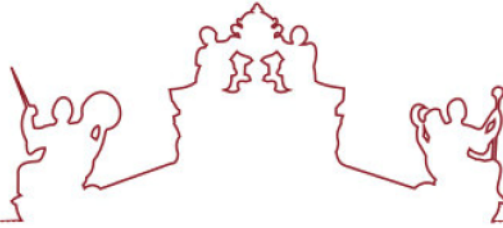
Dissertação

**A Revolução e a Indústria 4.0: A Economia Portuguesa no
contexto europeu**

Rita Isabel Cangalhas Micaelo

Orientador(es) | Miguel Sousa

Évora 2023



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências Sociais:

Presidente | José Manuel Caetano (Universidade de Évora)

Vogais | Maria Aurora Murcho Galego (Universidade de Évora) (Arguente)
Miguel Sousa (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Ao professor Miguel Rocha de Sousa por toda a disponibilidade e atenção que teve comigo durante todo o desenvolvimento da minha dissertação.

À minha família que, como sempre, me apoiou incondicionalmente neste projeto e que me proporcionou a oportunidade de o realizar.

Aos meus amigos, pela amizade e carinho com que me apoiaram durante todo o meu percurso académico.

Ao Francisco Santa Bárbara que, numa fase final, me concedeu todo o tempo que necessitava para a conclusão da minha dissertação e por sempre se ter mostrado disponível para ajudar.

Resumo

A evolução da tecnologia está a provocar profundas alterações na indústria, na sociedade e na economia, bem como nas nossas escolhas enquanto produtores e consumidores.

O objetivo desta dissertação passa por entender quais os determinantes da Indústria 4.0 em Portugal e na União Europeia, com base numa análise comparativa.

Esta dissertação está dividida numa breve revisão de literatura, em que é possível compreender em que consiste a Indústria 4.0 e de que forma está a ser abordada em Portugal e na União Europeia. Em seguida é feita uma análise ao DESI - *The Digital Economy and Society Index* de 2017 a 2021.

Para obter as respostas às questões de investigação foi feita uma análise para concluir, de um conjunto de indicadores dos 27 países da União Europeia, quais os que mais tinham influência nos quatro componentes que compõem o DESI, através de modelos econométricos em dados de painel fortemente balanceados.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, revolução industrial, inovação, crescimento económico

Códigos JEL: O33, O32, O43

The Digital Revolution in Portugal: Industry 4.0 and the National Economy

Abstract

The evolution of technology is causing in-depth changes in industry, society, and the economy, as well as in our choices as producers and consumers.

The aim of this dissertation is to understand what are the determinants of Industry 4.0 in Portugal and in the European Union, based on a comparative analysis.

This dissertation is divided into a brief literature review, in which it is possible to understand what Industry 4.0 consists of and how it is being addressed in Portugal and in the European Union. Next, an analysis is made of DESI - The Digital Economy and Society Index of from 2017 to 2021.

To obtain answers to the research questions, it was analyzed, from a set of indicators from the 27 countries of the European Union, which ones had the most influence on the four indicators that make up the DESI, through strongly balanced econometric panel models.

Key Words: 4.0 industry, industrial revolution, innovation, economic growth
JEL Codes: O33, O32, O43

Índice

Agradecimentos.....	4
Resumo	5
Abstract.....	6
Siglas.....	11
1. Introdução	12
2. Revisão de Literatura	14
2.1. Indústria 4.0	14
2.2. Indústria 4.0 em Portugal	19
2.3. Indústria 4.0 na Europa	22
3. Digital Economy and Society Index	24
4. Análise Econométrica	29
4.1. Variáveis usadas	29
4.2. Estatística Descritiva	31
4.3. Especificação do Modelo Econométrico de Painel	34
4.4. Resultados dos Modelos	35
5. Análise das Elasticidades, Produtividades e Convergências	43
6. Discussão de Resultados	56
7. Conclusões	60
7.1. Conclusões de <i>Policy Making</i>	61
7.2. Limites da Análise e Perspetivas Futuras	61
Bibliografia.....	63
Apêndices	68
Re-otimização dos pesos do DESI – exploratório	68
Dados em tabela.....	72
Tabelas	81

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Digital Economy and Society Index, 2021.....	24
Gráfico 2 - Progresso dos Estados Membros, 2016-2021	25
Gráfico 3 - Capital Humano, 2021	26
Gráfico 4 – Conectividade, 2021	27
Gráfico 5 -Integração das tecnologias digitais, 2021	28
Gráfico 6 - Serviços públicos digitais, 2021	28
Gráfico 7 - Elasticidade – DESI_kh – União Europeia	44
Gráfico 8 - Elasticidade – Desi_conct – União Europeia.....	45
Gráfico 9 - Elasticidade – Desi_itd – União Europeia.....	45
Gráfico 10 - Elasticidade – Desi_spd – União Europeia	46
Gráfico 11 - Elasticidade – DESI_kh – Portugal	49
Gráfico 12 - Elasticidade – Desi_conct – Portugal	50
Gráfico 13 - Elasticidade – Desi_itd – Portugal.....	50
Gráfico 14 - Elasticidade – Desi_spd – Portugal	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Sinais esperados dos coeficientes <i>ex-ante</i> nos Modelos a estimar.....	30
Tabela 2 - Estatística Descritiva.....	33
Tabela 3 – Tabela de Efeitos Fixos – Capital Humano	35
Tabela 4 – Tabela de Efeitos Fixos – Conectividade.....	36
Tabela 5 – Tabela de Efeitos Fixos – Integração das Tecnologias Digitais	36
Tabela 6 – Tabela de Efeitos Fixos – Serviços Públicos Digitais.....	37
Tabela 7 - Tabela de Efeitos Fixos – Capital Humano – erros corrigidos.....	38
Tabela 8 – Tabela de Efeitos Fixos – Conectividade – erros corrigidos	39
Tabela 9 – Tabela de Efeitos Fixos – Integração das Tecnologias Digitais – erros corrigidos	40
Tabela 10 – Tabela de Efeitos Fixos – Serviços Públicos Digitais – erros corrigidos	41
Tabela 11 – Tabela resumo dos sinais dos coeficientes antes/esperados <i>ex-ante</i> (+) e depois (+/-) e valor do estimador (FE) – versão correção autocorrelação e heteroscedasticidade	42
Tabela 12 -Elasticidades das componentes DESI – média da União Europeia	44
Tabela 13 - Produtividade Média (pm) e Produtividade Marginal (pmg) das componentes e rendimentos à escala do DESI – média da União Europeia.....	47
Tabela 14 - Elasticidades das componentes DESI – média de Portugal.....	49
Tabela 15 - Produtividade Média (pm) e Produtividade Marginal (pmg) das componentes e Rendimentos à escala do DESI – média de Portugal	52
Tabela 16 – Rácio do módulo das Elasticidades das variáveis PT face a EU	54
Tabela 17 - Convergência pmg e pm das variáveis PT face a EU	55
A 1 - Ponderação dos indicadores para Portugal, 2021	68
A 2 - Ponderação dos indicadores para a média dos países da União Europeia, 2021	69
A 3 - Pontuação em condições da intervenção mínima e máximo do estado para Portugal, 2021	70
A 4 - Pontuação em condições da intervenção mínima e máximo do estado para Portugal, 2021	70
A 5 - Diferencial da postura do estado para Portugal, 2021	71
A 6 - Diferencial da postura do estado para a média dos países da União Europeia, 2021	71
A 7 - Dados em tabela.....	72
A 8 - Estatística Descritiva	81
A 9 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos).	82
A 10 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos).	83
A 11 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).	84
A 12 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).	85
A 13 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos aleatórios).	86
A 14 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos aleatórios).	87
A.15 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos aleatórios).	88
A 16 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos aleatórios).	89
A 17 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_kh (efeitos fixos).	90
A 18 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_conct (efeitos fixos).	90
A 19 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).	91
A 20 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).	91
A 21 - Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos).	92
A 22 - Regressão Linear - Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos).	93
A 23 - Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).	94
A 24- Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).	95
A 25 - Regressão Linear – Teste de Autocorrelação (efeitos fixos).	95
A 26 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos) - corrigida.....	96
A 27 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos) - corrigida.....	97

A 28 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos) - corrigida	98
A 29 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos) – corrigida	99

Siglas

DESI	<i>The Digital Economy and Society Index</i>
EEE	Espaço Económico Europeu
IAPMEI	Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação
PIB	Produto Interno Bruto
PIB pc	Produto Interno Bruto Preços Constantes
PME	Pequena e Média Empresa
RCE	Rendimentos Crescentes à Escala
RDE	Rendimentos Decrescentes à Escala
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação

1. Introdução

Ao longo dos anos, foram várias as transformações que ocorreram a vários níveis, nomeadamente ao nível da economia dos países, devido às várias Revoluções Industriais.

A primeira Revolução Industrial sucedeu-se no século XVII e foi despoletada pela invenção da máquina a vapor e a construção dos caminhos de ferro. No século XIX, iniciou-se a segunda Revolução Industrial, com o surgimento da eletricidade, da produção em massa e da criação de linhas de montagem. A terceira Revolução Industrial, também conhecida como revolução digital, teve o seu início no século XX proporcionada pela invenção do computador (Schwab, 2017). A quarta Revolução Industrial, Indústria 4.0, surgiu no século XXI, mencionada pela primeira vez na Alemanha, e considerada por Schwab (2017) como a mais abrangente e complexa de todas.

Para além das mudanças proporcionadas pela Indústria 4.0 no que respeita à evolução do processo produtivo das empresas, é também referido por Schwab (2017) que a Indústria 4.0 trará mudanças no que respeita ao emprego, na medida em que, ou originará uma destruição de postos de trabalho devido ao incremento da tecnologia ou, por outro lado, criará empregos e serviços ligados maioritariamente à área tecnológica.

Neste sentido, é importante perceber de que forma a Indústria 4.0 tem impactado as empresas até ao momento e quais os indicadores económicos e tecnológicos que mais têm influência no sucesso da implementação da Indústria 4.0.

Não existe um consenso na literatura referente à Indústria 4.0. Existem dúvidas se esta originará um incremento na produtividade das empresas ou se, por outro lado, o crescimento económico tenda, a longo prazo, a estagnar.

Esta dissertação tem como objetivo compreender quais são os principais determinantes da Indústria 4.0 em Portugal e na União Europeia, numa perspetiva comparativa entre Portugal e os 27 estados-membros da União Europeia. Para responder a essa questão, é essencial analisar o DESI – *Digital Economy & Society Index*, referente aos anos de 2017 a 2021, criado pela Comissão Europeia.

Ou seja, temos dados empíricos que nos permitirão inferir ou não, quais são os determinantes do Índice de Inovação Digital da Economia e das sociedades europeias,

referentes aos 27 Estados Membros, numa abordagem econométrica, que nos levarão a concluir as similitudes e diferenças quantitativas entre os países da União Europeia, quanto ao seus desempenhos e componentes nesta vertente digital.

Note-se que esta abordagem é inovadora, pois até ao momento, mesmo os estudos da literatura referida nas seções seguintes sobre a Indústria 4.0 e a inovação da sociedade digital, não fazem ou fizeram estudos quantitativos detalhados sobre este novo indicador. Deste modo, o estudo, reunindo condições particulares e essenciais consegue ser inovador, senão, um precursor a estudar os determinantes da inovação digital na sociedade das economias europeias, por via deste indicador.

Esta novidade reflete o facto de o próprio índice ser recente, mas que, apesar de tudo, consegue ser rastreado de 2017-2021. À data de conclusão desta tese, saiu o indicador de 2022. Eventualmente, caso haja disponibilidade efetiva dos índices de 2022 para todos os 27 Estados Membros da União Europeia, poderemos fazer previsão do modelo estimado para 2022, e comparar com os valores reais do mesmo ano.

Esta dissertação está dividida em quatro partes. Na primeira parte é feita a revisão de literatura com o objetivo de aprofundar o tema da Indústria 4.0 e entender quais as várias precessões e implicações sobre o tema. A segunda parte tem como enfoque a explicação do que foi feito em Portugal e nos restantes países da União Europeia, tendo em vista a implementação da Indústria 4.0. Em seguida é analisado o DESI – *Digital Economy & Society 2021*, com o objetivo de compreender quais os resultados que a Indústria 4.0 está a proporcionar nos países da União Europeia, no que respeita às componentes de capital humano, conectividade, integração das tecnologias digitais e serviços públicos digitais. Por último, com o objetivo de avaliar as componentes do DESI, e relacioná-los com os principais indicadores económicos e de inovação tecnológica, foi realizado um modelo econométrico em dados de painel.

2. Revisão de Literatura

Este capítulo tem como objetivo compreender quais as várias abordagens relativas à Indústria 4.0 na literatura e de que forma está a ser adotada em Portugal e nos restantes países da União Europeia.

2.1. Indústria 4.0

Apelidada na Europa de Indústria 4.0, a quarta revolução industrial consiste na adaptação dos métodos de produção aos desenvolvimentos da tecnologia de informação e comunicação, impulsionados pela tendência de digitalização da economia e da sociedade (Deloitte, 2017).

A base deste desenvolvimento é possível graças a “sistemas ciber-físicos”, inteligentes e interligados, que permitem que pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas logísticos e produtos cooperem entre si, de modo a promover as condições necessárias para o crescimento da indústria e dos serviços.

De acordo com Weyer et al. (2015), esta consiste num sistema tecnológico complexo e tem como influencia primordial o setor industrial, uma vez que institui um conjunto de avanços tecnológicos relacionados com fábricas inteligentes. A adoção destas tecnologias é fundamental por parte das empresas, para sustentar o seu progresso no processo de fabrico, tornando-o, dessa forma, mais inteligente através da conexão entre dispositivos, máquinas e processos produtivos, aptos a trocar informações de forma independente entre si.

A Indústria 4.0, para Thoben *et al.* (2017), pode ser entendida como a integração horizontal e vertical dos sistemas de produção, que é originada pela troca de dados em tempo real, o que permite uma produção flexível e personalizada.

Segundo Sommer (2015), o objetivo primordial da Quarta Revolução Industrial, é o de tornar os processos mais autónomos e digitalizados através do recurso a tecnologias eletrónicas e de informação na produção e nos serviços.

De acordo com Schwab (2016), são quatro as principais alterações esperadas na indústria: alterações nas expectativas dos clientes, produtos mais inteligentes e mais produtivos, novas

formas de colaboração e parcerias e transformação do modelo operacional e a sua conversão num modelo digital.

O tema foi abordado pela primeira vez na Alemanha, em Hannover, em 2011, sendo a Indústria 4.0 considerada uma medida estratégica desenvolvida pelo governo alemão para consolidar a sua liderança tecnológica através da investigação e desenvolvimento nas empresas e, de forma a limitar o afastamento entre os setores da indústria de uma vasta rede de contactos (Comissão Europeia, 2017).

Depois da Alemanha ter avançado com a implementação de um programa estratégico para promover a quarta revolução industrial, foram outros os países seguiram o seu exemplo, tais como: Estados Unidos, China, Japão e alguns países da União Europeia, nomeadamente Portugal.

As três primeiras Revoluções Industriais foram extremamente impactantes no que respeita aos processos industriais, originando o aumento da produtividade e eficiência das empresas. Esta evolução foi possível graças aos desenvolvimentos tecnológicos, nomeadamente no que respeita à invenção da máquina a vapor, ao surgimento da eletricidade, à invenção do computador e da tecnologia digital (Schuh *et al.*, 2013).

A Primeira Revolução Industrial resultou numa maior produtividade e eficiência através da introdução da máquina a vapor. A Segunda Revolução Industrial permitiu a produção em massa, proporcionada pelo recurso à eletricidade. A Terceira Revolução Industrial surgiu graças à invenção do computador, da automatização da produção e das tecnologias de informação (Von Tunzelmann, 2003).

É essencial para as empresas que se digitalizem de modo a melhorarem o seu processo de produção e aumentarem a sua vantagem competitiva em relação às empresas concorrentes. Além disto, a Indústria 4.0 também se mostra uma mais-valia no sentido em que é capaz de gerar uma grande quantidade de dados, de modo a ajudar no processo de tomada de decisão (Pereira & Romero, 2017).

Para o autor Rüßmann *et al.* (2015), são nove os pilares que sustentam a indústria 4.0. O autor considera que são pilares essenciais da Indústria 4.0: **Big data**, em que os sistemas informáticos, computadores e redes de comunicação de baixo custo fazem com que seja criada a possibilidade de armazenar grandes quantidades de informação com rapidez, possível de ser tratada e analisada em tempo real, de modo a tornar mais fácil a tomada de decisão com maior

precisão e confiança; **Cloud Computing**, que é um sistema informático que armazena os dados cujo acesso à informação, serviços e programas é efetuado remotamente, via internet; **Robots autônomos**, que diz respeito à automatização das atividades da empresa, possibilitando a existência de postos de trabalho automatizados ou até mesmo a interação homem-máquina; **Simulação**, que consiste na forma de replicar o digital em físico, através da utilização de dados reais; **Integração horizontal e vertical**, que se refere à relação externa à empresa (clientes, fornecedores) com a parte interna da empresa, no que respeita à partilha de dados; **Cibersegurança**, que consiste em proteger sistemas eletrónicos, redes, computadores e servidores de potenciais ameaças, proporcionando segurança digital; **Produção aditiva**, ou impressão em 3D, é um método de fabricação de um objeto físico a partir de um modelo 3D criado num computador; **Realidade aumentada**, que consiste na comunicação entre o mundo físico e o mundo virtual através de softwares, tendo como objetivo facilitar a interação entre as máquinas e os humanos.

O panorama industrial mudou drasticamente nos últimos anos, em resposta às consecutivas inovações e desenvolvimentos proporcionados pela evolução das tecnologias de informação, particularmente no campo da tecnologia digital (Schmidt *et al.*, 2015). Consequentemente, é imprescindível para as empresas que acompanhem essa evolução se querem continuar a ser competitivas.

A Indústria é o setor mais atingido pelos impactos decorrentes das mudanças introduzidas pela Indústria 4.0, dado que, com a sua aplicação, é possível criar processos mais inteligentes, através de pequenos processos descentralizados e de redes de produção que funcionam com a mínima, ou até mesmo sem qualquer intervenção humana, e controlam autonomamente as suas operações (Erol *et al.*, 2016).

Através das evoluções ao nível tecnológico proporcionadas pela Indústria 4.0, é possível que vários dispositivos, autônomos entre si, sejam capazes de comunicar em tempo real e cooperar entre si num ambiente inteligente, tornando possível a tomada de decisão e execução de ações que se baseiam nas informações obtidas através dos produtos inteligentes que monitorizam a sua própria fase de produção (Radziwon *et al.*, 2014).

As fábricas inteligentes estão conectadas a uma cadeia de valor, com o objetivo de preencher os requisitos do mercado e consistem na integração entre máquinas e dispositivos, através de interfaces personalizadas. Máquinas e produtos inteligentes são monitorizados ao

longo de todo o seu tempo útil de vida, permitindo, dessa forma, uma alta performance e personalização (Erol *et al.*, 2016).

As fábricas inteligentes representam um dos aspectos fundamentais no que respeita à Indústria 4.0. Estas são o resultado de diversos desenvolvimentos que consistem na digitalização, no uso de estruturas flexíveis e ideias inteligentes (Hajrizi, 2016) e na integração, em tempo real, de todos os recursos da empresa (Qin *et al.*, 2016), o que aumenta a eficiência e, dessa forma, permite corresponder às características exigentes do mercado (Kagermann *et al.*, 2013). Estes desenvolvimentos permitem a criação de ambientes inteligentes por toda a cadeia de valor, permitindo, dessa forma, a criação de processos adaptados e flexíveis (Radziwon *et al.*, 2014).

Os produtos inteligentes estão integrados em toda a cadeia de valor como uma parte ativa do sistema, monitorizando as suas próprias fases de produção, os recursos necessários e o controlo dos processos de produção de forma automática. Para além disto, produtos inteligentes, enquanto produtos finais, devem ser conscientes no que respeita aos parâmetros a serem usados, fornecendo informação acerca do seu desempenho, durante toda a sua vida útil (Kagermann *et al.*, 2013).

Estes produtos são caracterizados por vários recursos-chave, como é o caso da computação, o armazenamento de dados, a comunicação e a interação com o meio envolvente. Os produtos são capazes de identificar por eles mesmos o histórico relativo ao seu processo de produção e, desse modo, fornecer informação relevante respeitante a passos futuros a serem estabelecidos relativos à sua produção e conservação. Além disso, produtos inteligentes têm um elevado nível de autonomia, na medida em que são capazes de perceber e interagir automaticamente com o ambiente físico e o virtual (Schmidt *et al.*, 2015).

Os modelos de negócio foram fortemente influenciados pela Indústria 4.0, desde que este novo paradigma implementou uma nova forma de comunicação ao longo de toda a cadeia de valor. Devido à nova indústria e aos requisitos do mercado, novos modelos estão a surgir, permitindo a criação de ambientes colaborativos (Glova *et al.*, 2014). São criadas várias oportunidades para otimizar a criação de processos e a integração e comunicação em tempo real (Qin *et al.*, 2016).

Os clientes são o fator-chave de qualquer modelo de negócio e a Indústria 4.0 traz um conjunto inúmero de vantagens para eles. Através da evolução tecnológica é possível melhorar

a comunicação ao longo da cadeia de valor e a experiência do consumidor. O alto nível de integração e o intercâmbio autónomo de informação permitem o pedido de alteração dos produtos em tempo real. Adicionalmente, produtos inteligentes vão fornecer informação relevante aos seus utilizadores sobre o seu estado (Qin *et al.*, 2016).

Com a Indústria 4.0 é possível criar oportunidades que possibilitem às empresas integrar as necessidades e os desejos dos seus clientes nos seus processos de produção. À medida em que as máquinas conseguem comunicar em rede em tempo real, os processos de produção tornam-se mais visíveis, reduzindo a possibilidade de falhar, o que contribui para a melhoria da qualidade (Khan & Turowski, 2016).

Com isto, a Indústria 4.0 traduz-se, para as empresas, num enorme potencial de crescimento, na medida em que providencia um conjunto de oportunidades económicas e sociais através da mudança de paradigma no que respeita aos métodos de organização de trabalho, modelos de negócio e tecnologias de produção das empresas (Kagermann *et al.*, 2013).

Contudo, é importante ter em conta que nem tudo são vantagens na evolução da tecnologia. Existem alguns desafios que ainda precisam de ser ultrapassados, nomeadamente (CGI, 2017): requalificação de recursos humanos, cibersegurança, investimentos significativos em novas tecnologias e normalização e modernização de novas tecnologias de informação.

Outro dos grandes desafios passa por tentar criar um modo de processar as tecnologias de forma que este seja aplicado no momento e no local certo, com a mínima intervenção humana possível (Pereira & Romero, 2017).

“Devemos ter uma visão abrangente e globalmente compartilhada de como a tecnologia está a mudar as nossas vidas e as das gerações futuras, como é a remodelação do contexto económico, social, cultural e humano em que vivemos. As mudanças são tão profundas que, na perspetiva da história humana, nunca houve um tempo de tantas promessas ou potenciais perigos” (Schwab, 2016).

De acordo com Schwab (2016), com a implementação por parte dos países da Indústria 4.0 na economia, esperam-se maioritariamente impactos no Produto Interno Bruto, crescimento, consumo, emprego, investimento, comércio e inflação. Contudo, existem algumas preocupações ao nível do emprego, explicadas essencialmente pela automatização das funções dos recursos humanos das empresas e pela necessidade de requalificar os trabalhadores.

O papel dos recursos humanos, no que respeita ao controlo e manutenção técnica é limitado, pelo que é necessário a obtenção de novas competências e conhecimentos, sendo a Indústria 4.0 um processo que vai originar transformações sociais (Sukhodolov, 2019).

Mesmo com todo o investimento que é necessário realizar e os riscos que lhe possam estar inerentes, a Indústria 4.0 é uma tendência que, cada vez mais, começa a evidenciar-se e, as empresas que não avançarem com as tecnologias associadas a essa nova realidade, irão perder competitividade (CGI, 2017).

2.2. Indústria 4.0 em Portugal

Com vista a criar condições às empresas portuguesas para se desenvolverem no âmbito tecnológico, o Ministério da Economia, com a participação de mais de 200 entidades dos mais variados setores (entre elas a Google, a Microsoft, a Siemens, a Deloitte e a Altice Portugal), lançou um programa de incentivos, denominado de Portugal i4.0 (República Portuguesa, 2019).

Para além deste programa, o governo português criou também uma linha de crédito, a linha PME investimentos, para apoiar as exportações das pequenas e médias empresas com vista a amenizar os riscos das empresas exportadoras de tecnologia inovadora de equipamentos que integram uma maior tecnologia (República Portuguesa, 2019).

As medidas iniciais referentes ao programa Portugal i4.0, numa primeira fase, foram divididas em seis grandes eixos: **Capacitação dos recursos humanos**, na medida em que é perceptível que, com as mudanças causadas pelo avanço tecnológico nas empresas, se suceda uma mudança ao nível da capacitação dos recursos humanos das mesmas. O governo português achou necessário estimular e sensibilizar todas as gerações para as TIC e para o empreendedorismo (Deloitte, 2017). Posto isto, para promover a capacitação dos recursos humanos, o governo adequou o ensino nacional, básico, secundário, universitários e profissional, de acordo com as novas tecnologias e investiu em formação e requalificação profissional; **Cooperação tecnológica**, pois o governo considerou essencial e procurou estimular a cooperação entre universidades, empresas, associações empresariais, centros tecnológicos, organismos públicos e outros *stakeholders* (Deloitte, 2017); **Startup i4.0**, na medida em que o governo pretende criar uma incubadora de *startups*, com o objetivo de promover a transformação de ideias em produtos (República Portuguesa, 2019). Segundo a

Deloitte (2017), o objetivo será o de implementar medidas de curto-médio prazo, através de financiamentos e apoios ao investimento, que promovam o papel das *startups* no ambiente de negócio nacional; **Financiamento e apoio ao investimento**, pois, de acordo com a Deloitte (2017), o governo definiu um conjunto de medidas que visam a implementação de financiamento e apoio ao investimento por forma a que as empresas se foquem a desenvolver um conjunto de mecanismos de financiamento destinados a projetos relacionados com a Indústria 4.0; **Internacionalização**, em que, as medidas inseridas neste eixo, por parte do governo, se destinam a promover o posicionamento e a notoriedade internacionais da indústria portuguesa, apoiando as empresas no processo de internacionalização e adaptação à realidade da economia global (Deloitte 2017); **Adaptação legal e normativa**, dado que se torna essencial estabelecer um quadro regulamentar que incentive, tanto a oferta, como a adoção de tecnologia (República Portuguesa, 2019).

Foi realizado um estudo pelo IAPMEI (2019), em que foi possível concluir que, na segunda fase do programa Portugal i4.0, haverá a necessidade de se mobilizarem as empresas mais pequenas e, para isso, é necessário tomar medidas de modo a amenizar as dificuldades das mesmas, maioritariamente financeiras e de recursos humanos, e fomentar uma cooperação entre elas.

A II fase foi lançada em abril de 2019 e foi descrita por ser mais caracterizadora do que a fase anterior, destinada a ampliar o número de empresas que capitalizam os benefícios da Indústria 4.0 (COTEC Portugal, 2019).

Como forma de corrigir as lacunas da I fase, foi necessário atuar em três linhas estratégicas (COTEC Portugal, 2019): **Generalizar i4.0**, que tem com objetivo que as empresas façam um autodiagnóstico das suas capacidades ao nível digital, de modo a identificar os benefícios da transformação. Também é necessário fomentar a partilha de conhecimentos, experiências e benefícios da Indústria 4.0 entre *stakeholders* (COTEC Portugal, 2019); **Capacitar i4.0**, que tem como finalidade qualificar os recursos humanos para o uso das tecnologias. Para isso, foi proposto criar parcerias colaborativas entre empresas e entidades formadoras (COTEC Portugal, 2019); **Assimilar i4.0**, que visa promover a experimentação e adoção de soluções e tecnologias i4.0 por via da facilitação do acesso às competências técnicas e aos meios de financiamento necessários à sua implementação (COTEC Portugal, 2019).

De acordo com o IAPMEI (2021), foi ainda criada pelo Ministério da Economia uma III fase do programa Portugal i4.0. Esta fase tem como base três objetivos primordiais: tornar mais rápida a adoção das tecnologias por parte das empresas portuguesas, promover as empresas tecnológicas a nível internacional e tornar Portugal num país atrativo para o investimento no que respeita à Indústria 4.0.

Os sistemas de incentivos foram distribuídos por três tipologias: economia digital, inovação produtiva e investigação e desenvolvimento (IAPMEI, 2021).

No que respeita à economia digital, foi criado o projeto SI Qualificação Projeto Individual, com vista a capacitar as PME através da inovação organizacional, proporcionando novos métodos e processos com vista à melhor resposta no mercado global. Foi também criado o Vale Indústria 4.0 com a finalidade de dar às empresas a oportunidade de definir uma estratégia tecnológica própria, com a introdução de tecnologias digitais nos processos de produção (IAPMEI, 2021).

A tipologia de inovação produtiva que visa a aquisição de máquinas e equipamentos com vista a incrementar inovação tecnológica nas empresas (IAPMEI, 2021).

Já no que se refere a investigação e desenvolvimento, o programa Portugal i4.0 tem como objetivo promover incentivos para todas as despesas que se destinem a fomentar a investigação e o desenvolvimento tecnológico das empresas, como aquisição de patentes, assistência técnica, científica e de consultoria, matérias-primas, matérias consumíveis e componentes necessárias para a construção de instalações piloto e despesas com processos de certificação (IAPMEI, 2021).

De acordo com o Governo de Portugal (2021), o Plano de Recuperação e Resiliência foi criado em 2021 com o objetivo de executar reformas e investimentos com vista a repor o crescimento económico sustentado, após a pandemia. Este Plano tem o seu período de Execução até 2026.

Este Plano aborda os temas da inovação e transição digital, focando nos pontos da capitalização e inovação empresarial e Empresas 4.0 (Governo de Portugal, 2021).

No que diz respeito à capitalização e inovação empresarial, o Plano de Recuperação e Resiliência promete promover a investigação e desenvolvimento e o investimento inovador das empresas. Para a concretização deste objetivo este Plano prevê um investimento de 558 milhões

de euros em agendas mobilizadoras para a Inovação Empresarial e 372 milhões de euros em agendas verdes para inovação empresarial, com a possibilidade de recurso adicional a empréstimos no valor de até 300 milhões de euros (Governo de Portugal, 2021).

No que concerne ao ponto Empresas 4.0, este tem como objetivo a formação de 800 mil pessoas em competências digitais, requalificação de 36000 trabalhadores, apoio a 30000 PME através da criação de 25 aceleradores de comércio digitais e sistema de incentivos financeiros à digitalização, bem como o apoio a 8500 PME e 400 incubadoras de empresas através da internacionalização via E-commerce, ações de *Coaching* 4.0 com o objetivo de auxiliar os negócios para a transição digital, vouchers para start-ups, promovendo o desenvolvimento de novos produtos ecológicos e digitais e, por fim, vales para incubadoras e aceleradoras de empresas em fase de arranque, tendo como objetivo o seu desenvolvimento tecnológico. Para isto, o plano prevê um apoio de 650 milhões de euros (Governo de Portugal, 2021).

2.3. Indústria 4.0 na Europa

As primeiras iniciativas para promover a transformação digital na Europa tiveram o seu início em 2011, tendo como objetivo reinventar a indústria e tornar a Europa competitiva face aos Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão e China (COTEC, 2020).

Em abril de 2016 foi criada uma estratégia por parte da Comissão Europeia com o objetivo de apoiar o processo de transformação digital dos Estados-Membros. Foi desenvolvida por Bruxelas a “Plataforma Europeia das Iniciativas Nacionais a Digitalização da Indústria” com a finalidade da partilha de experiências e boas práticas entre os países da União Europeia.

De acordo com o IAPMEI (s.d.), o Programa Horizonte 2020, tendo seu início a 1 de janeiro de 2014 e fim a 31 de dezembro de 2020, é composto por três pilares: Pilar I – excelência científica; Pilar II – liderança industrial; Pilar III – desafios sociais, e tem um valor de 80 mil milhões de euros.

O Pilar I tem como objetivo financiar a investigação através do apoio às atividades realizadas pelo Conselho Europeu de Investigação, relativas a tecnologias futuras e emergentes, às Ações Marie Skłodowska-Curie e às Infraestruturas de Investigação Europeias (IAPMEI, s.d.).

O Pilar II tem como finalidade estimular a competitividade, o desenvolvimento e o apoio a liderança nas tecnologias industriais e apoio à inovação das PME. Neste pilar também estão incluídos instrumentos financeiros com vista a potenciar a ajuda a empresas e facilitar o seu acesso ao financiamento. IAPMEI (s.d.)

O Pilar III, com o objetivo de promover a investigação de mercado e apoio à procura pública e comercialização.

“O financiamento está centrado nos seguintes desafios: saúde, alterações demográficas e bem-estar das populações; segurança alimentar, agricultura e floresta sustentável, investigação marinha e marítima, e bio economia; energia segura, limpa e eficiente; transportes integrados verdes e inteligentes; alteração climática, ambiente, eficiência de recursos e matérias-primas; sociedades inclusivas e inovadoras; sociedades seguras: ações climáticas”. IAPMEI (s.d.)

Segundo a Comissão Europeia (2021), o Horizonte Europa foi um programa criado para dar continuidade ao programa Horizonte 2020, tendo um período de atuação entre 1 de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2027, no que respeita à investigação e inovação.

O programa está dividido em 3 pilares: Pilar I – ciência da excelência; Pilar II – desafios globais e competitividade industrial Europeia e Pilar III – Europa Inovadora (Comissão Europeia, 2021).

O Pilar I tem como objetivo reforçar a excelência da base científica da União Europeia, através da investigação por parte dos melhores investigadores e suas respetivas equipas, de promover o conhecimento através da mobilidade e da formação e da criação de infraestruturas (Comissão Europeia, 2021).

O Pilar II passa por criar soluções e tecnologias subjacentes às políticas da União Europeia, tendo como base o desenvolvimento e as políticas sustentáveis (Comissão Europeia, 2021).

O Pilar III pretende criar mercados e ecossistemas com vista à inovação, apoiando inovações revolucionárias, estabelecendo ligações nacionais e regionais entre inovadores e reuni-los em torno de um objetivo comum, sendo esse o de fomentar a inovação (Comissão Europeia, 2021).

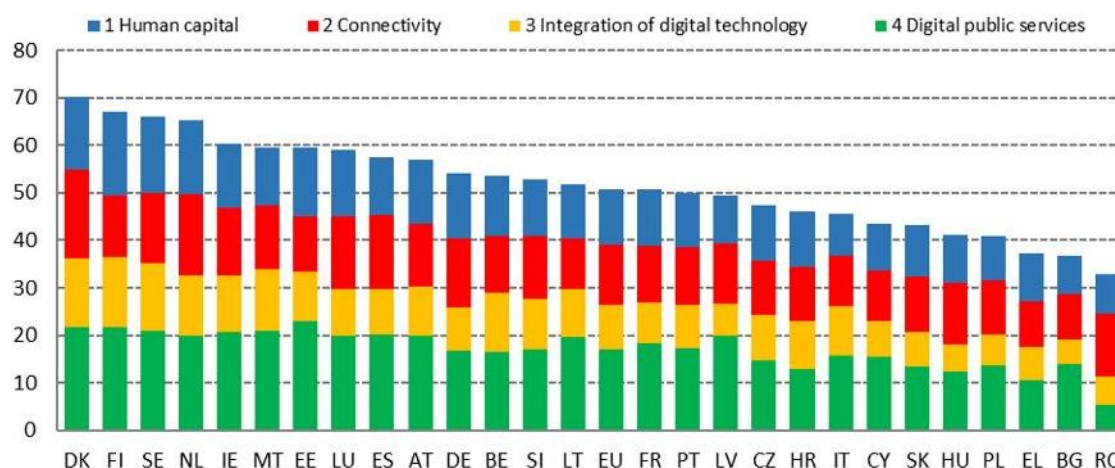
Qualquer pessoa coletiva da União Europeia pode participar neste programa, que tem em vista um investimento superior a 95 mil milhões de euros (Comissão Europeia, 2021).

3. Digital Economy and Society Index

O Digital Economy and Society Index é elaborado desde 2016 pela Comissão Europeia, e consiste num índice composto que avalia a competitividade dos Estados-Membros com base em quatro dimensões, sendo estas o capital humano, a conectividade, a integração das tecnologias digitais e os serviços públicos digitais.

De acordo com o *Digital Economy & Society Index 2021*, Portugal ocupa a 16ª posição no conjunto dos 27 estados-membros da União Europeia. Na edição anterior, realizada em 2020, Portugal encontrava-se na 19ª posição entre os 28 países da União Europeia. Não obstante, Portugal encontra-se um pouco abaixo da média dos 27 países da União Europeia.

Gráfico 1 - Digital Economy and Society Index, 2021



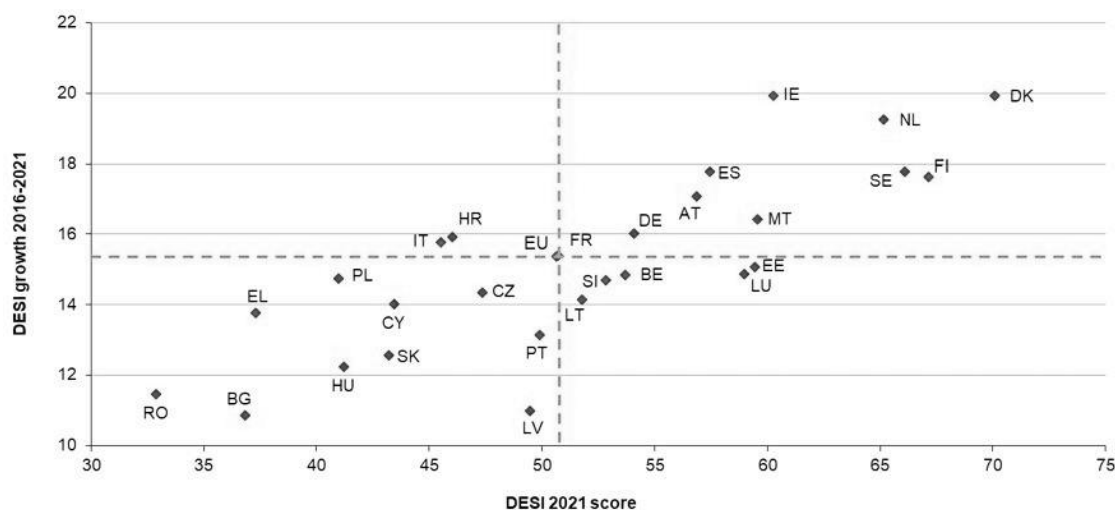
(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

A liderar a tabela está a Dinamarca, seguida da Finlândia que ocupa o 2º lugar. Por outro lado, no fim da tabela, em 27º lugar encontra-se a Roménia e em 26º a Bulgária, como é possível constatar através da observação do gráfico 1.

Embora Portugal se encontre perto, no entanto abaixo da média dos 27 países que constituem a União Europeia, foram registadas evoluções positivas na maior parte das dimensões que originam a classificação dos países no *Digital Economy & Society Index*.

É possível concluir, pela análise do gráfico 2, que existe uma relação positiva entre o progresso dos Estados Membros ao nível do crescimento do DESI entre 2016 e 2021 e a pontuação do DESI 2021, o que quer dizer que, para níveis baixos de DESI de partida, há aumentos na pontuação do DESI.

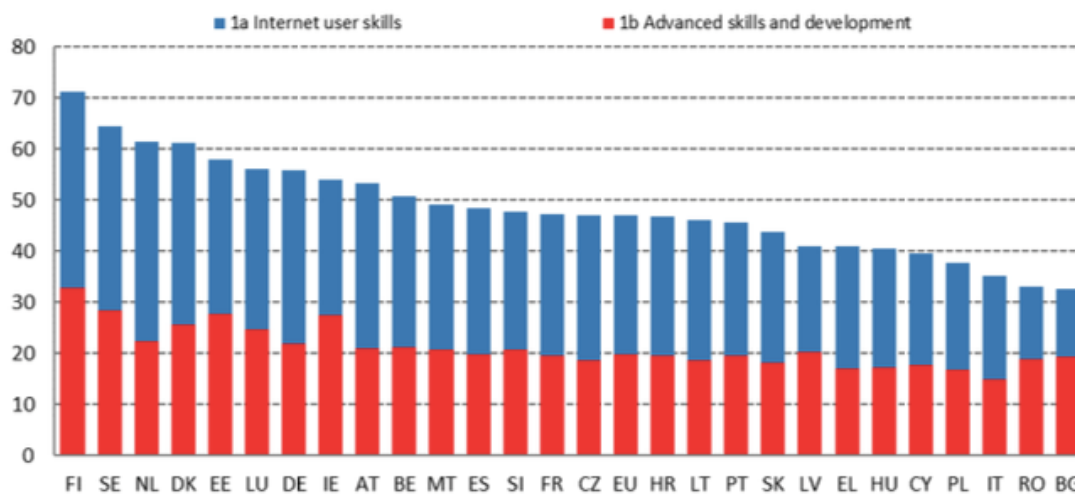
Gráfico 2 - Progresso dos Estados Membros, 2016-2021



(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

Avaliando cada uma das quatro dimensões, no que respeita ao capital humano (Gráfico 3), que tem com objetivo apurar as competências digitais da população de cada um dos países, Portugal encontra-se no 18º lugar, três lugares acima relativamente ao ano anterior, no entanto, ainda abaixo dos níveis apresentados pela média dos 27 países da União Europeia. Por sua vez, apresenta uma melhoria no que respeita à percentagem de mulheres especialistas em TIC, percentagem esta, superior à observada na média dos 27 países da União Europeia. Já no que respeita à população que opta por licenciar-se em áreas relacionadas com as TIC, esta também apresenta uma evolução positiva, embora muito abaixo dos valores registados na média dos 27 países da União Europeia. Nesta dimensão, em 1º lugar encontra-se a Finlândia e em 27º a Bulgária.

Gráfico 3 - Capital Humano, 2021

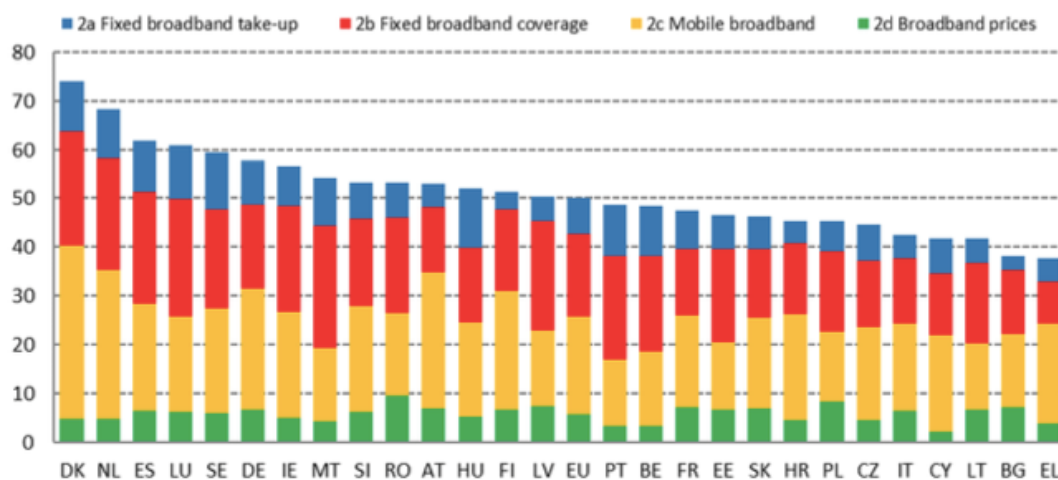


(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

Em relação à conectividade (Gráfico 4), que tem por objetivo medir o nível de acesso e o grau de preparação das infraestruturas digitais dos países da União Europeia, Portugal ocupa a 15ª posição, apresentando grandes melhorias, no entanto, abaixo da média dos 27 países da União Europeia. Em 1º lugar nesta dimensão está a Dinamarca e em 27º está a Grécia.

Portugal apresenta resultados positivos no que respeita à rede móvel 4G, boa adesão e velocidade e boa cobertura de rede fixa. Como aspetos negativos são destacados a baixa adesão a banda larga móvel, bem como os seus preços elevados. Considera-se ainda que Portugal tenha sido prejudicado nesta dimensão dada a escassa preparação e cobertura da rede 5G.

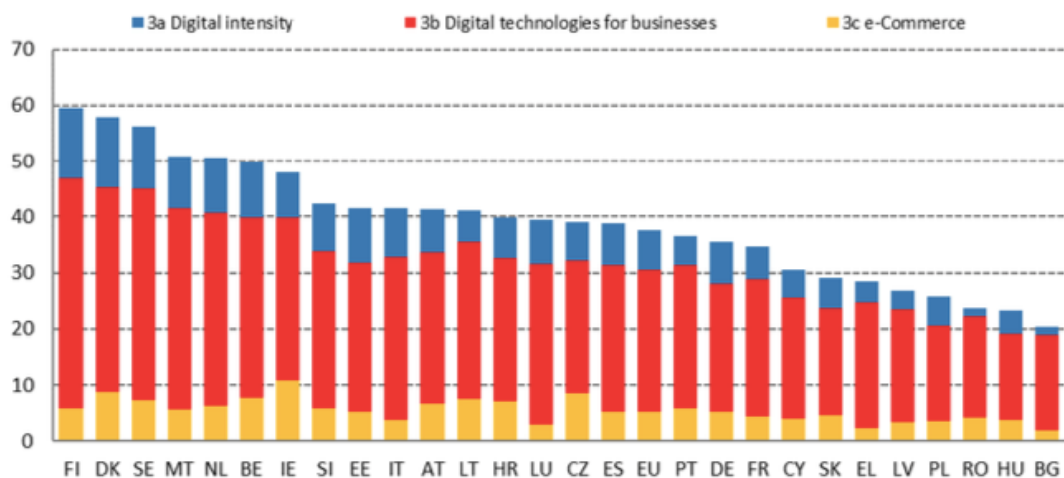
Gráfico 4 – Conectividade, 2021



(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

No que respeita à integração das tecnologias digitais (Gráfico 5), que tem com objetivo apurar a adoção de medidas tecnológicas por parte das empresas, Portugal encontra-se na 17ª posição, abaixo da média dos 27 países da União Europeia. Nesta dimensão, em 1º lugar encontra-se, mais uma vez, a Finlândia e em 27º lugar a Bulgária. Como pontos positivos, em Portugal, e acima da média dos 27 países da União Europeia, consideram-se fatores como a percentagem de empresas que partilham informação via eletrónica, que utilizam as TIC como forma de promover a sustentabilidade ambiental, a utilização da inteligência digital e o comércio eletrónico. Por outro lado, como pontos negativos, são apontados a fraca intensidade digital das pequenas e médias empresas, a utilização de redes sociais, a faturação eletrónica e a utilização de tecnologias mais avançadas como a computação em nuvem.

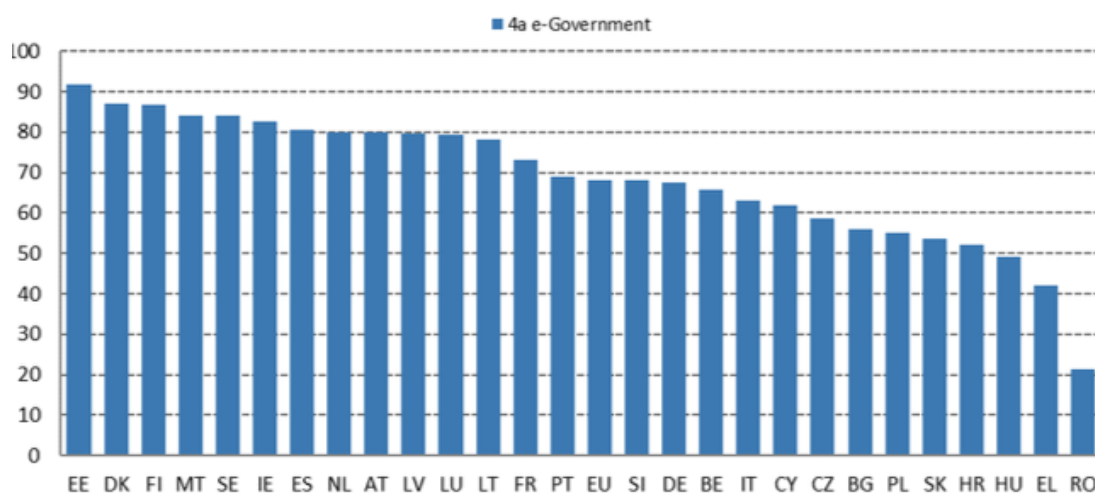
Gráfico 5 -Integração das tecnologias digitais, 2021



(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

Por último, no que concerne à dimensão dos serviços públicos digitais (Gráfico 6), que tem por objetivo medir a adesão de tecnologias digitais por parte das entidades públicas e da sua relação com os cidadãos e as empresas, a Estónia assume o 1º lugar, Portugal ocupa o 14º lugar, acima da média dos 27 países da União Europeia e, o 27º lugar é ocupado pela Roménia. Foram apontados como pontos negativos no desempenho de Portugal a interação em linha entre os utilizadores da internet e as autoridades públicas bem como o indicador de maturidade dos dados abertos.

Gráfico 6 - Serviços públicos digitais, 2021



(Fonte: DESI 2021, Comissão Europeia).

4. Análise Econométrica

4.1. Variáveis usadas

Este estudo tem como objetivo avaliar as componentes do *Digital Economy and Society Index* (DESI), com base na análise e descrição de dados, assim como na amostra considerada e nas variáveis explicativas. Foi realizado um estudo dos principais dados estatísticos e, posteriormente, foi realizada uma especificação do modelo econométrico em dados de painel. Em seguida, foi feita uma análise de elasticidades, produtividade e convergência.

Para o presente estudo, os dados foram recolhidos através do PORDATA, do EUROSTAT e do Countryeconomy.com para os 27 Estados da União Europeia (infra) e relativo ao período 2017-2021.

A amostra consiste nos 27 Estados Membros da União Europeia, sendo estes, Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Polónia, Portugal, República Checa, Roménia e Suécia, bem como a média da União Europeia.

O objetivo deste estudo passa por entender quais são as variáveis que mais contribuíram para a evolução dos 4 componentes do DESI, sendo estes o Capital Humano, a Conectividade, a Integração das Tecnologias Digitais e os Serviços Públicos Digitais, entre os anos de 2017 e 2021, constituindo estas variáveis dependentes.

As variáveis independentes em estudo, correspondem a indicadores dos 27 países da União Europeia, também eles observados entre 2017 e 2021, sendo estas: as Despesas em Educação em percentagem do PIB, as Despesas em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o Número de Patentes por milhões de habitantes multiplicado por 1000 a dividir pelo PIB a preços constantes de 2015 e o Grau de Abertura ao Exterior, medido como a média do fluxo de comércio em percentagem do PIB, o logaritmo neperiano do PIB per capita a preços constantes de 2015 e o Investimento em Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB.

Tabela 1 - Sinais esperados dos coeficientes *ex-ante* nos Modelos a estimar

	<i>DESI_kh</i>	<i>DESI_conct</i>	<i>DESI_itd</i>	<i>DESI_spd</i>
edu_pib	(+)	(+)	(+)	(+)
saude_pib	(+)	(+)	(+)	(+)
idh	(+)	(+)	(+)	(+)
gae	(+)	(+)	(+)	(+)
ln_pib_2015	(+)	(+)	(+)	(+)
id_pib	(+)	(+)	(+)	(+)
n_ipo_pib	(+)	(+)	(+)	(+)

(Fonte: elaboração própria.)

Um maior nível de educação em percentagem do PIB e, de igual modo, um maior nível de saúde em percentagem do PIB, traduzem um maior nível de desenvolvimento. Esperamos maiores níveis de desenvolvimento tecnológico: a saber de conhecimento (*desi-kh*), de conectividade (*desi-conct*), de integração das tecnologias digitais (*desi_itd*) e de serviços públicos digitais (*desi_spd*).

Naturalmente, sendo o índice de desenvolvimento humano (*idh*), uma média geométrica ponderada dos índices de educação, saúde e PIB per capita, é também expectável que tenhamos sinais esperados positivos ao longo do espectro das componentes de conhecimento (*desi-kh*), conectividade (*desi-conct*), de integração das tecnologias digitais (*desi_itd*), e de serviços públicos digitais (*desi_itd*).

A fundamentação teórica sobre este facto alicerça-se na teoria do desenvolvimento clássico tradicional, ou seja, mais rendimento (PIB), mais saúde e mais educação originam maior índice de desenvolvimento humano (*idh*) – tal como referido por Amartya Sen e Muhamad Ul-Haq em 1990 (Relatório do Desenvolvimento Humano, PNUD, 1990). Logo, daqui esperamos que maiores níveis de *idh*, e suas componentes, estejam associados a maiores níveis das componentes do espectro do indicador DESI.

Quanto ao grau de abertura (*gae*, média do comércio externo em percentagem do PIB) será expectável, de acordo com a teoria neoclássica do comércio externo, na tradição de David Ricardo (1817), e de Hecksher-Ohlin-Samuelson (H-O-S) (Mussa, 1978; Krugman, Obstfeld e Melitz, 2017), que quanto mais aberto um país, maior será o seu nível de desenvolvimento económico, logo também de desenvolvimento tecnológico, nas suas já referidas quatro vertentes. Deste modo, serão expectáveis sinais positivos nesta componente.

Quanto às variáveis de investigação e desenvolvimento (id_pib) e número de patentes a dividir pelo PIB a preços constantes de 2015 (n_ipo_pib), refletem exatamente, o que na literatura da inovação se refere como investimento privado e público no setor do conhecimento aplicado e fundamental, logo, quanto maior o nível de investimento e desenvolvimento em percentagem do PIB, serão sempre expectáveis maiores níveis de conhecimento tecnológico. Quanto às patentes, em percentagem do PIB e *per capita*, refletem naturalmente um incentivo forte à internalização do esforço da descoberta científica a nível privado, e também pública, de modo que quanto maior esta variável, maior o nível da sociedade tecnológica e do conhecimento (Aghion & Howitt, 1998).

Relativamente à inclusão do PIB per capita, ele aparece indiretamente no IDH, pois, como sabemos o IDH é uma média geométrica ponderada de PIB per capita, educação e saúde, logo não o podemos incluir novamente diretamente como PIB per capita, pois teríamos colinearidade entre idh, PIB per capita, saúde e educação. Mas, ao invés, como o PIB reflete uma dimensão importante de riqueza, introduzimo-lo, de igual modo, mas como PIB global em euros, naturalmente a preços constantes, com o fito de introduzir uma dimensão de escala, mas para relativizá-la bem, usámos o logaritmo neperiano do PIB a preços constantes de 2015. A fundamentação deste efeito de escala é, à semelhança dos modelos gravitacionais do comércio externo (efeito de *log of gravity*, Santos Silva, et. al 2006), o de que neste caso, uma sociedade mais rica em termos de PIB global, reflete uma maior capacidade de inovação, de investigação e de produção de conhecimento – há limiares mínimos (*thresholds*) em que o capital físico e a dimensão de uma economia (avaliada pelo PIB global a preços constantes) viabilizam a sociedade do conhecimento (Stiglitz e Greenwald, 2015). Ou seja, uma maior escala de riqueza absoluta, mesmo que relativizada pelo logaritmo, reflete maiores possibilidades de interconexões da sociedade do conhecimento.

4.2. Estatística Descritiva

Os dados presentes no quadro dizem respeito à análise de estatísticas descritivas das variáveis em estudo: DESI – Capital Humano, DESI – Conectividade, DESI - Integração das Tecnologias Digitais, DESI - Serviços Públicos Digitais, Despesas em Educação em percentagem do PIB, Despesas em Saúde em percentagem do PIB, Índice de Desenvolvimento Humano em valores de 0 a 1 (IDH), Número de Patentes por milhões de habitantes a dividir pelo PIB a preços constantes de 2015, Grau de Abertura ao Exterior (GAE), logaritmo

neperiano do PIB per capita a preços constantes de 2015 e Investimento em Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB, para os 27 Estados Membros da União Europeia, bem como da média dos mesmo, entre os anos de 2017 e 2021.

Com base na observação da tabela 1, é possível concluir que, em média, a componente com maior expressão no DESI, entre 2017 e 2021, para os 27 países da União Europeia, bem como para a média dos mesmos, são os Serviços Públicos Digitais, seguidos do Capital Humano, da Conectividade e, por fim, da Integração das Tecnologias Digitais.

Tabela 2 - Estatística Descritiva

Variáveis	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Dispersão
Ano	140	2019	1,419292	2017	2021	0,07%
DESI - Capital Humano	140	11,25238	2,267894	6,86905	17,6315	20,15%
DESI – Conectividade	140	8,446726	2,442382	3,168	18,02897	28,92%
DESI - Integração das Tecnologias Digitais	140	6,992142	2,334829	2,52977	13,35255	33,39%
DESI - Serviços Públicos Digitais	140	13,77592	3,923205	1,85309	21,56435	28,48%
PIB pc (preços constantes 2015 milhares €)	140	484482,4	744086,3	11681,9	3298306	154%
Despesas em Educação (% do PIB)	140	4,985	0,9158025	2,8	7	18%
Despesas em Saúde (% do PIB)	140	6,441429	1,543939	2,5	11,02	24%
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (0 a 1)	140	0,891318	0,373227	0,795	0,955	42%
Investigação e Desenvolvimento (% do PIB)	140	1,675976	0,8671277	0,47	3,49	52%
Número de patentes (milhões de habitantes)	140	144,6036	177,0106	1,6	893,8	122%
Grau de Abertura ao Exterior (GAE= (X+M)/2/PIB)	140	0,6669732	0,3268347	0,25586	1,868535	49%
ln (PIB pc (preços constantes 2015))	140	12,14453	1,439408	9,365796	15,00892	12%
Número de Patentes (milhões de habitantes)/PIB pc (preços constantes 2015 milhares €)	140	1,242206	2,770407	0,0076757	15,69598	233%

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela 25 em anexo.)

4.3. Especificação do Modelo Econométrico de Painel

Com o objetivo de compreender quais as variáveis têm poder explicativo em relação aos quatro componentes do DESI, foram estabelecidos os seguintes modelos de dados em painel:

$$\text{DESI_kh}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{edu_pib}^*_{1it} + \beta_2 \text{saude_pib}^*_{2it} + \beta_3 \text{idh}^*_{3it} + \beta_4 \text{gae}^*_{4it} + \beta_5 \text{lnpib_pc2015}^*_{5it} + \beta_6 \text{id_pib}^*_{6it} + \beta_7 \text{n_ipo_pib}^*_{7it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{DESI_conct}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{edu_pib}^*_{1it} + \beta_2 \text{saude_pib}^*_{2it} + \beta_3 \text{idh}^*_{3it} + \beta_4 \text{gae}^*_{4it} + \beta_5 \text{lnpib_pc2015}^*_{5it} + \beta_6 \text{id_pib}^*_{6it} + \beta_7 \text{n_ipo_pib}^*_{7it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{DESI_itd}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{edu_pib}^*_{1it} + \beta_2 \text{saude_pib}^*_{2it} + \beta_3 \text{idh}^*_{3it} + \beta_4 \text{gae}^*_{4it} + \beta_5 \text{lnpib_pc2015}^*_{5it} + \beta_6 \text{id_pib}^*_{6it} + \beta_7 \text{n_ipo_pib}^*_{7it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{DESI_spd}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{edu_pib}^*_{1it} + \beta_2 \text{saude_pib}^*_{2it} + \beta_3 \text{idh}^*_{3it} + \beta_4 \text{gae}^*_{4it} + \beta_5 \text{lnpib_pc2015}^*_{5it} + \beta_6 \text{id_pib}^*_{6it} + \beta_7 \text{n_ipo_pib}^*_{7it} + \varepsilon_{it}$$

Em que:

DESI_kh – DESI – Capital Humano

DESI_conct – DESI - Conectividade

DESI_itd – DESI – Integração das Tecnologias Digitais

DESI_spd – DESI – Serviços Públicos Digitais

edu_pib – Despesas em Educação em percentagem do PIB

saúde_pib – Despesas em Saúde em percentagem do PIB

idh – Índice de Desenvolvimento Humano

gae – Grau de Abertura ao Exterior

lnpib_pc2015 – Logaritmo neperiano do PIB per capita a preços constantes de 2015

id_pib – Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB

n_ipo_pib – Número de patentes por milhão de habitante e dividir pelo PIB

β_0 – termo constante

ε_{it} – Termo de erro estatístico do país i no ano t , com $\varepsilon_{it} = v_{it} + a_i$

a_i = termo correspondente a cada país, ou seja, efeito idiossincrático ou individual, i.e. assume que cada erro aleatório da componente i é constante ao longo do tempo t .

v_{it} = termo correspondentes à perturbação aleatória de cada termo i ao longo do tempo t .

4.4. Resultados dos Modelos

Neste tipo de análise, é necessário utilizar o modelo de efeitos fixos ou o modelo de efeitos aleatórios com o objetivo de controlar a heterogeneidade da regressão dos dados em painel (Wooldrige, 2010).

Foi realizado o teste de Hausman (Hausman, 1978), em anexo nas tabelas A 17 a A 20, com o objetivo de inferir se seria preferível adotar o modelo de efeitos fixos ou o modelo de efeitos aleatórios. De acordo com o output gerado o teste não é válido, na medida em que, no respetivo *output*, é referido que a matriz de var-cov não é definida positiva. Com isto, opta-se por estimar o modelo de efeitos fixos, cujas estimativas são no mínimo sempre consistentes (não existindo problemas de endogeneidade).

Tabela 3 – Tabela de Efeitos Fixos – Capital Humano

Variável Explicada	DESI_kh			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	0,3023017	0,1482362	2,04	0,044
saúde_pib	0,1011267	0,468751	2,16	0,033
idh	-0,4016724	4,778315	-0,08	0,933
gae	-0,3860118	0,8065978	-0,48	0,633
lnpib_pc2015	3,01472	0,6933279	4.35	0,000
id_pib	1,294809	0,3327226	2.98	0,000
n_ipo_pib	-0,0172643	0,0539787	-0,32	0,750
R-sq				
Within	0,6076			
Between	0,248			
Overall	0,0266			
F(7,105)	23,22			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 9 em anexo.)

Tabela 4 – Tabela de Efeitos Fixos – Conectividade

Variável Explicada	DESI_conct			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	1,12526	0,6519782	1,73	0,087
saúde_pib	1,184826	0,2061678	5,75	0,000
idh	15,77685	21,016178	0,75	0,455
gae	2,244127	21,01617	0,63	0,528
lnpib_pc2015	12,944127	3,547609	4,25	0,000
id_pib	12,94835	3,049421	0,33	0,744
n_ipo_pib	0,0000605	0,2374112	0,00	1,000
R-sq				
Within	0,6271			
Between	0,0222			
Overall	0,0207			
F(7,105)	25,23			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 10 em anexo.)

Tabela 5 – Tabela de Efeitos Fixos – Integração das Tecnologias Digitais

Variável Explicada	DESI_itd			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	0,7810392	0,3159591	2,47	0,015
saúde_pib	0,4881929	0,099122	4,89	0,000
idh	30,62215	10,18477	3,01	0,003
gae	0,0722171	1,719228	0,04	0,967
lnpib_pc2015	7,754904	1,477798	5,24	0,000
id_pib	0,7294146	0,7091839	1,03	0,306
n_ipo_pib	0,0148418	0,1150533	0,13	0,898
R-sq				
Within	0,7358			
Between	0,0365			
Overall	0,0395			
F(7,105)	42,36			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 11 em anexo.)

Tabela 6 – Tabela de Efeitos Fixos – Serviços Públicos Digitais

Variável Explicada	DESI_spd			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	1,301803	0,3990728	3,26	0,001
saúde_pib	0,7235979	0,1261943	5,73	0,000
idh	9,376289	12,8639	0,73	0,468
gae	0,5989066	2,171475	0,28	0,783
lnpib_pc2015	12,36225	1,866536	6,62	0,000
id_pib	2,838682	0,8957361	3,17	0,002
n_ipo_pib	-0,0281713	0,1453183	-0,19	0,847
R-sq				
Within	0,7901			
Between	0,0001			
Overall	0,0002			
F(7,105)	56,48			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 12 em anexo)

Foram realizados testes para verificar a existência e heteroscedasticidade (em anexo nas tabelas A 21 a A 24) e autocorrelação (em anexo na tabela A 25). Foi possível concluir, através da generalização do teste Breush-Pagam que a regressão linear correspondente à componente de Capital Humano do DESI (Desi_kh) e a componente de Integração das Tecnologias Digitais (Desi_itd) apresentam sinais de existência de heteroscedasticidade. Quanto à autocorrelação, foi possível inferir através do teste de Wooldridge que todas as componentes do DESI apresentam sinais de existência de autocorrelação.

Posto isto, foram realizadas regressões com o objetivo de corrigir a heteroscedasticidade, e a autocorrelação dos componentes do DESI, através do Método dos Mínimos Quadrados, apresentadas nas tabelas abaixo e, em anexo nas tabelas A 26 a A 29.

Foi possível concluir, através da observação da tabela 7 apresentada abaixo e da tabela 43 em anexo que, de acordo com as variáveis com significância, que no que respeita à variável de Logaritmo neperiano do PIB a preços constantes de 2015, se ocorrer uma variação percentual de 1% do PIB a preços constante de 2015, resultará num aumento de 3,015 pontos base do Desi_kh, mantendo tudo o resto constante.

No que concerne à variável de Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável leva a um aumento de 1,29 pontos base da componente de Desi_kh, mantendo tudo o resto constante.

Tabela 7 - Tabela de Efeitos Fixos – Capital Humano – erros corrigidos

Variável Explicada	DESI_kh			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Erro Padrão robusto	t	P> t
edu_pib	0,3023017	0,1997942	1,51	0,142
saúde_pib	0,1011267	0,0728155	1,39	0,176
Idh	-0,4016724	6,468422	-0,06	0,951
Gae	-0,3869118	0,709904	-0,54	0,591
lnpib_pc2015	3,01472	0,6024173	5,00	0,000
id_pib	1,294809	0,3980621	3,25	0,003
n_ipo_pib	-0,0172643	0,0616163	-0,28	0,781
R-sq				
Within	0,6076			
Between	0,0248			
Overall	0,0266			
F(7,27)	15,88			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 26 em anexo.)

Seguindo a mesma lógica, foi possível inferir, através da tabela 8 e na tabela A 27 em anexo, que no que respeita à variável de Educação em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável resulta de uma variação de 0,24 pontos base da componente de Desi_conct, mantendo tudo o resto constante.

No que se refere à variável de Saúde em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável resulta de um aumento de 0,87 pontos base da componente de Desi_conct, mantendo tudo o resto constante.

No que respeita à variável de Logaritmo neperiano do PIB a preços constantes de 2015, se ocorrer uma variação percentual de 1% do PIB a preços constante de 2015, originar-se-á uma variação de 21,38 pontos base do Desi_conct, mantendo tudo o resto constante.

Tabela 8 – Tabela de Efeitos Fixos – Conectividade – erros corrigidos

Variável Explicada	DESI_conct			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	0,2431976	0,8761954	2,78	0,007
saúde_pib	0,86554	0,2217172	3,88	0,000
Idh	-1,660139	23,44484	-0,07	0,944
Gae	1,558788	3,313495	0,47	0,639
lnpib_pc2015	21,38043	4,086913	5,23	0,000
id_pib	0,3052593	2,420019	0,13	0,900
n_ipo_pib	-0,1018177	0,3485368	-0,29	0,771
R-sq				
Within	0,4470			
Between	0,0285			
Overall	0,0208			
F(7,77)	8,89			
Prob>F	0,0001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 27 em anexo.)

Foi possível deprender, através da tabela 9 e na tabela A 28 em anexo, que no que concerne à variável de Educação em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável resulta de um aumento de 0,78 pontos base da componente de Desi_itd, mantendo tudo o resto constante.

No que respeita à variável de Saúde em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável levará a uma variação de 0,488 pontos base da componente de Desi_itd, mantendo tudo o resto constante.

No que concerne à variável de Índice de Desenvolvimento Humano, uma variação de 1 ponto base desta variável origina de uma variação de 3,06 pontos base da componente de Desi_itd, mantendo tudo o resto constante.

No que se refere à variável de Logaritmo neperiano do PIB a preços constantes de 2015, se ocorrer uma variação percentual de 1% do PIB a preços constante de 2015, originar-se-á um aumento de 7,75 pontos base do Desi_itd, mantendo tudo o resto constante.

Tabela 9 – Tabela de Efeitos Fixos – Integração das Tecnologias Digitais – erros corrigidos

Variável Explicada	DESI_itd			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão Robusto	t	P> t
edu_pib	0,7810392	0,3040282	2,57	0,016
saúde_pib	0,4881929	0,1607375	3,04	0,005
Idh	30,62215	13,58971	2,25	0,033
Gae	0,0722171	1,782031	0,04	0,968
lnpib_pc2015	7,745904	1,331742	5,82	0,000
id_pib	0,7294146	0,8601348	0,85	0,404
n_ipo_pib	0,148418	0,0979492	0,15	0,881
R-sq				
Within	0,7385			
Between	0,0365			
Overall	0,0395			
F(7,77)	39,55			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 28 em anexo.)

Foi possível constatar, através da tabela 10 e na tabela A 29 em anexo, que no que se relaciona à variável de Educação em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável leva a um aumento de 1,31 pontos base da componente de Desi_spd, mantendo tudo o resto constante.

No que respeita à variável de Saúde em percentagem do PIB, uma variação de 1 ponto base nesta variável resulta de um aumento de 0,23 pontos base da componente de Desi_spd, mantendo tudo o resto constante.

No que concerne à variável de Índice de Desenvolvimento Humano, uma variação de 1 ponto base desta variável origina uma variação de -2,6 pontos base da componente de Desi_spd, mantendo tudo o resto constante.

No que respeita à variável de Logaritmo neperiano do PIB a preços constantes de 2015, se ocorrer uma variação percentual de 1% do PIB a preços constante de 2015, teremos um aumento de 9,6 pontos base do Desi_spd, mantendo tudo o resto constante.

Tabela 10 – Tabela de Efeitos Fixos – Serviços Públicos Digitais – erros corrigidos

Variável Explicada	DESI_spd			
Variáveis Explicativas	Coefficiente	Desvio Padrão	t	P> t
edu_pib	1,308393	0,2802785	4,67	0,000
saúde_pib	0,2327793	0,0738975	3,15	0,002
Idh	-26,72117	7,532734	-3,55	0,001
Gae	0,7823894	1,010229	0,77	0,441
lnpib_pc2015	9,609413	1,40629	6,83	0,000
id_pib	0,6794339	0,1948939	0,85	0,395
n_ipo_pib	0,0152074	0,100261	0,16	0,875
R-sq				
Within	0,5351			
Between	0,0082			
Overall	0,0059			
F(7,77)	12,66			
Prob>F	0,00001			

(Fonte: Elaboração própria com base na tabela A 29 em anexo)

Tabela 11 – Tabela resumo dos sinais dos coeficientes antes/esperados ex-ante (+) e depois (+/-) e valor do estimador (FE) – versão correção autocorrelação e heteroscedasticidade

Variável	DESI_kh			DESI_conct			DESI_itd			DESI_spd		
	Ex-ante	Ex-post	Estimado	Ex-ante	Ex-post	Estimado	Ex-ante	Ex-post	Estimado	Ex-ante	Ex-post	Estimado
edu_pib (β ₁)	(+)	(+)	0,302302	(+)	(+)	0,243198 (**)	(+)	(+)	0,7810392 (*)	(+)	(+)	1,30839 (***)
saude_pib (β ₂)	(+)	(+)	0,101126	(+)	(+)	0,86554 (***)	(+)	(+)	0,4881929 (**)	(+)	(+)	0,23278 (***)
Idh (β ₃)	(+)	(-)	-0,40167	(+)	(-)	-1,66014	(+)	(-)	30,6224 (*)	(+)	(-)	-26,722 (***)
Gae (β ₄)	(+)	(-)	-0,38692	(+)	(+)	1,558788	(+)	(+)	0,0722171	(+)	(+)	0,78239
ln_pib (β ₅)	(+)	(+)	3,01472 (***)	(+)	(+)	21,38043 (***)	(+)	(+)	7,745904 (*)	(+)	(+)	9,60941 (***)
id_pib (β ₆)	(+)	(+)	1,294809 (***)	(+)	(+)	0,305259	(+)	(+)	0,7294146	(+)	(+)	0,67943
n_ipo_pib (β ₇)	(+)	(+)	-0,01726	(+)	(-)	-0,10182	(+)	(-)	0,148418	(+)	(+)	0,01521
Teste F(.) de FE	F(7,27) = 15,88 P>F (0,00001)			F(7,77) = 8,89 P>F (0,00001)			F(7,27) = 39,55 P>F (0,00001)			F(7,77) = 12,66 P>F (0,00001)		

(Fonte: Elaboração própria.)

1

¹ *) significativo a 10%

(**) significativo a 5%

(***) significativo a 1%

5. Análise das Elasticidades, Produtividades e Convergências

Através da tabela 12 podemos inferir as Elasticidades da União Europeia, que correspondem aos coeficientes gerados no modelo de efeitos fixos depois das correções efetuadas ao nível da autocorrelação e heteroscedasticidade (tabelas A 21 a A 25), apenas considerando as variáveis com significância.

Importa referir que a variável do $\ln \text{pib_pc2015}$, como está em logaritmo neperiano, representa uma semi-elasticidade, e não uma elasticidade usual, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{semi-elasticidade}(Y, \ln(X)) &= \frac{Pmg_{(Y, \ln(X))}}{Pme_{(Y, \ln(X))}} = \left(\frac{\frac{\partial Y}{\partial \ln(X)}}{\frac{Y}{\ln X}} \right) = \left(\frac{\partial Y}{\partial \ln(X)} \cdot \frac{\ln X}{Y} \right) = \\ &= \left(\frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta \ln(X)}{\ln X}} \right) = \left(\frac{\text{variação percentual } Y}{\text{variação percentual de } \ln X} \right). \end{aligned}$$

Com isto, é possível concluir, com base na tabela 12 e no gráfico 7 que, no que respeita à Componente de DESI de Capital Humano (Desi_kh), as variáveis a considerar relativas à política económica da média dos países que compõem a União Europeia, ou seja, aqueles em que a elasticidade unitária é superior a 1, é o PIB a preços constantes de 2015.

O mesmo procedimento foi realizado para a componente do Conectividade do DESI (Desi_conct) e, através da observação da tabela 12 e do gráfico 8, foi possível concluir que, no que respeita a esta componente, as variáveis a ter em conta por parte dos 27 Estados Membros da União Europeia é o PIB a preços constantes de 2015.

No que respeita à componente de Integração das Tecnologias Digitais (Desi_itd), de acordo com as conclusões extraídas da tabela 12 e do gráfico 9, as políticas económicas a ter em conta por parte dos 27 países que fazem parte da União Europeia é o PIB a preços constantes de 2015.

Seguindo a mesma lógica no que concerne à última componente do DESI, Integração das Tecnologias Digitais (Desi_spd), é possível inferir, de acordo com a observação da tabela 12 e do gráfico 10, que as variáveis a ter em conta no que respeita à

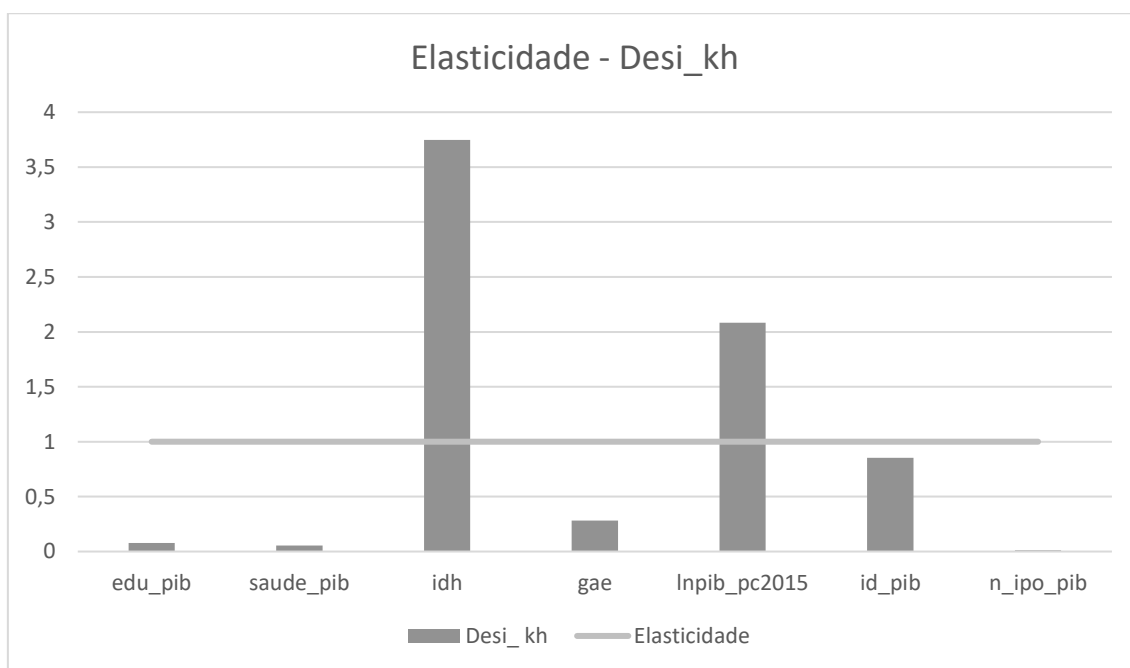
política económica dos países membros da União Europeia é o PIB a preços constantes de 2015.

Tabela 12 -Elasticidades das componentes DESI – média da União Europeia

Elasticidade União Europeia				
Variáveis	Desi_kh	Desi_conct	Desi_itd	Desi_spd
edu_pib	-0,07752	0,006699	-0,302479	0,29505
saude_pib	-0,05537	0,565671	0,041494	0,09578
idh	3,747785	32,86221	42,40772	-3,1376
gae	0,282546	5,539584	1,99064	2,85063
lnpib_pc2015	2,082546	17,13269	5,08388	10,1087
id_pib	0,854069	-1,15745	-0,51896	0,55875
n_ipo_pib	-0,01086	-0,23472	0,032707	-0,6689

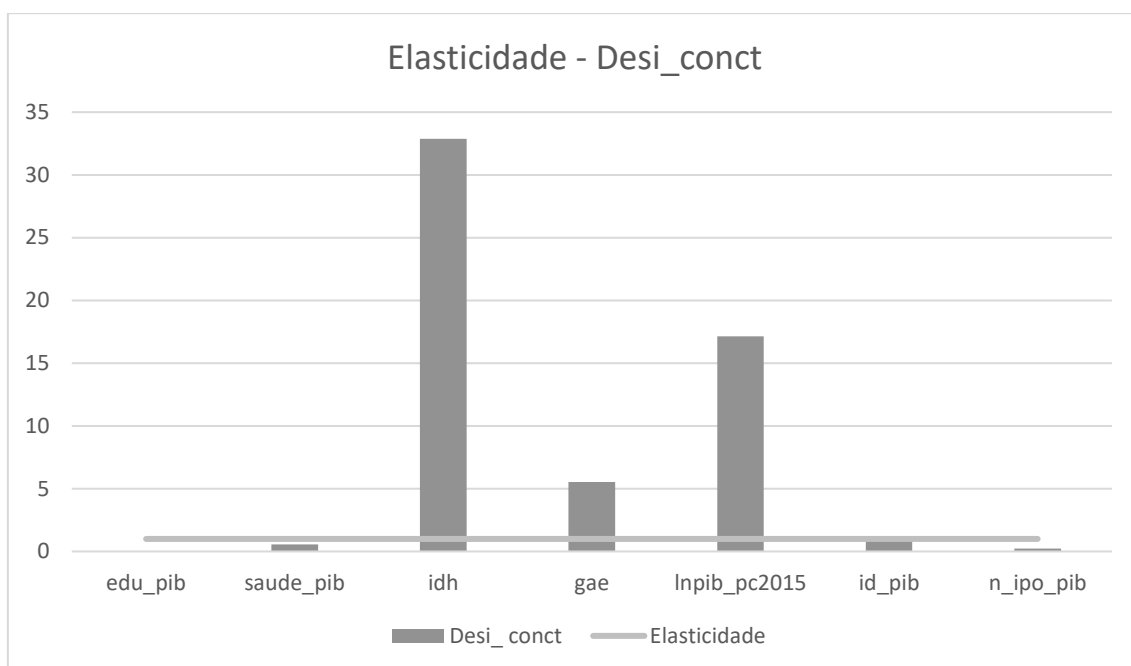
(Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 7 - Elasticidade – DESI_kh – União Europeia



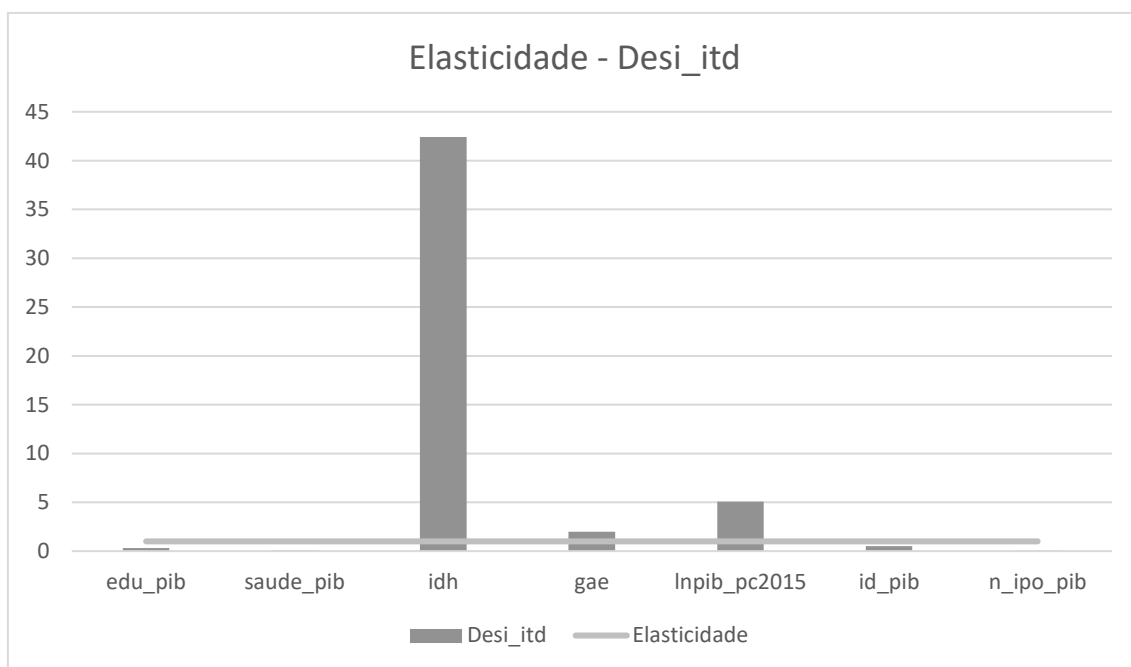
(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 8 - Elasticidade – Desi_conct – União Europeia



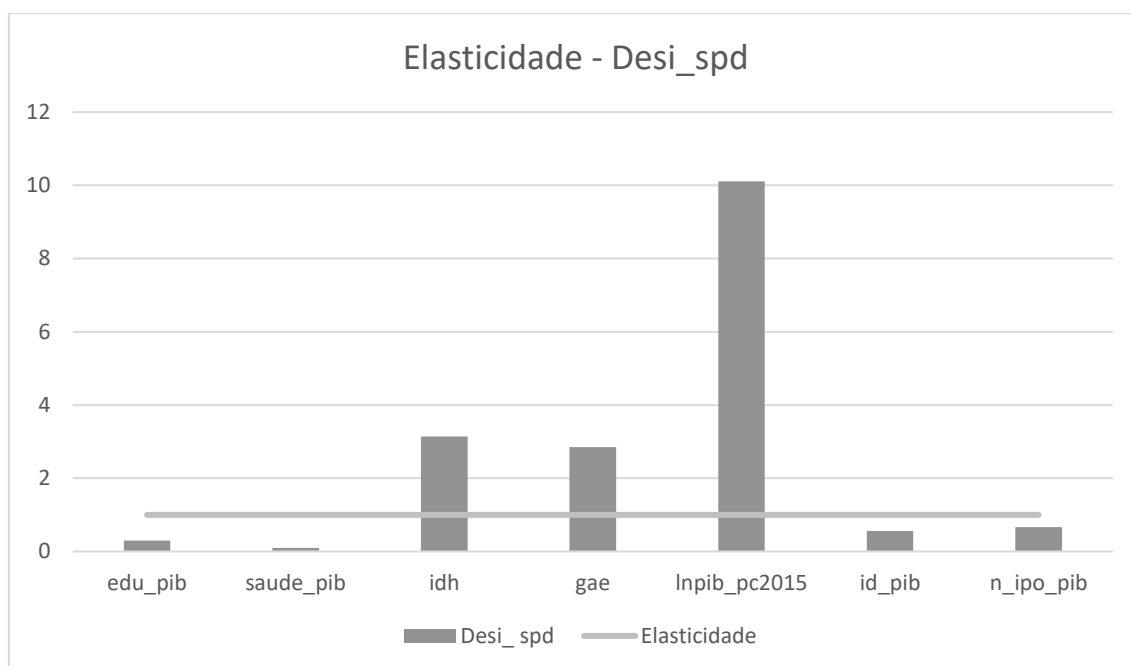
(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 9 - Elasticidade – Desi_itd – União Europeia



(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 10 - Elasticidade – Desi_spd – União Europeia



(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Na tabela 13 é possível observar a Produtividade Média e a Produtividade Marginal para cada uma das componentes do DESI.

A Produtividade média é feita através das estatísticas descritivas, em que é realizada a divisão entre a variável explicada e a variável explicativa $Pm Y, X = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$.

Já a Produtividade Marginal é calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade marginal } Y, X = Pmg_{Y, X} = (\text{elast } Y, X) * (Pm Y, X)$$

Através da subtração entre a Produtividade Marginal e a Produtividade média é também possível concluir, em cada uma das componentes do DESI, quais as variáveis que provocam Rendimentos Crescentes à Escola (RCE) e Rendimentos Decrescentes à Escala (RDE).

Posto isto, através da tabela 13, é possível concluir que, no que respeita à componente de Capital Humano do DESI (Desi_kh), nos países que compõem a União Europeia, as variáveis que provocam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano e o PIB a preços constantes de 2015.

Seguindo a mesma lógica, no que respeita à componente de Conectividade do DESI (Desi_conct), as variáveis que proporcionam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços Constantes de 2015.

No que concerne à componente de Integração de Tecnologias Digitais do DESI (Desi_itd), no contexto dos 27 países que foram a União Europeia, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços Constantes em Percentagem do PIB.

Por último, no que diz respeito à componente do DESI que se refere aos Serviços Públicos Digitais (Desi_spd), na média dos países da União Europeia, as variáveis que promovem Rendimentos Crescentes à Escala são o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

Tabela 13 - Produtividade Média (pm) e Produtividade Marginal (pmg) das componentes e rendimentos à escala do DESI – média da União Europeia

União Europeia								
Variáveis	Desi_kh				Desi_conct			
	pmg	pm	pmg-pm		pmg	pm	pmg-pm	
edu_pib	-0,16719	2,156675	-2,32386	RDE	0,010853	1,620049	-1,6092	RDE
saude_pib	-0,09206	1,662576	-1,75463	RDE	0,706462	1,248893	-0,54243	RDE
idh	45,16093	12,05003	33,1109	RCE	297,46	9,051735	288,4083	RCE
gae	4,642315	16,4303	-11,788	RDE	68,3701	12,3421	56,028	RCE
lnpib_pc2015	1,708629	0,820452	0,888177	RCE	10,55899	0,616306	9,94268	RCE
id_pib	5,41068	6,335179	-0,9245	RDE	-5,50814	4,758855	-10,267	RDE
n_ipo_pib	-0,39069	35,97486	-36,3655	RDE	-6,34297	27,02357	-33,3665	RDE
União Europeia								
Variáveis	Desi_itd				Desi_spd			
	pmg	pm	pmg-pm		pmg	pm	pmg-pm	
edu_pib	-0,41099	1,358728	-1,76971	RDE	0,808988	2,741867	-1,93288	RDE
saude_pib	0,043462	1,04744	-1,00398	RDE	0,20245	2,1137	-1,91125	RDE
idh	321,9444	7,591647	314,3528	RCE	-48,0671	15,31969	-63,3868	RDE
gae	20,60563	10,35126	10,25437	RCE	59,54539	20,8885	38,65689	RCE
lnpib_pc2015	2,627823	0,516893	2,11093	RCE	10,54412	1,043073	9,501042	RCE
id_pib	-2,07129	3,991229	-6,06252	RDE	4,500267	8,054168	-3,5539	RDE
n_ipo_pib	0,741296	22,66454	-21,9232	RDE	-30,593	45,73629	-76,3293	RDE

(Fonte: Elaboração Própria.)

A mesma análise foi realizada para Portugal, com o objetivo de realizar uma análise comparativa com a média dos países da União Europeia.

Novamente, a variável do lnpib_pc2015, como está em logaritmos neperianos, representa uma semi-elasticidade, e não uma elasticidade usual, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{semi-elasticidade}(Y, \ln(X)) &= \frac{Pmg_{(Y, \ln(X))}}{Pme_{(Y, \ln(X))}} = \left(\frac{\frac{\partial Y}{\partial \ln(X)}}{\frac{Y}{\ln X}} \right) = \left(\frac{\partial Y}{\partial \ln(X)} \cdot \frac{\ln X}{Y} \right) = \\ &= \left(\frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta \ln(X)}{\ln X}} \right) = \left(\frac{\text{variação percentual } Y}{\text{variação percentual de } \ln X} \right). \end{aligned}$$

A Elasticidade das Médias, presente na tabela 14, foi calculada tendo por base a Produtividade Média e a Produtividade Marginal, abaixo na tabela 15, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Elasticidade das médias} &= \frac{\overline{Pmg_{Y,X,2021-2017}}}{\overline{Pme_{Y,X,2021-2017}}} \\ &= \frac{\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2021-2020} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2020-2019} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2019-2018} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2018-2017} \right) / 4}{\left(\frac{\sum_{2017}^{2021} Y_i}{4} \right) / \left(\frac{\sum_{2017}^{2021} X_i}{4} \right)} \\ &= \left(\frac{\overline{\left[\frac{\Delta y}{\Delta x} \right]}}{\left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \right)} \right) \end{aligned}$$

Pela observação da tabela 14 e, de acordo com o gráfico 10, é possível concluir que, ao nível da componente de capital humano do DESI (Desi_kh), as variáveis a ter em conta no que respeita à política económica, em Portugal, são o Investimento em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano e o Grau de Abertura ao Exterior.

Do mesmo modo, no que diz respeito à componente de Conectividade do DESI (Desi_conct), de acordo com a tabela 14 e o gráfico 11, as políticas que se devem ter em conta para a incrementação desta componente, em Portugal, são ao nível do Investimento em Educação em percentagem do PIB, Investimento em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

No que respeita à Integração das Tecnologias Digitais (Desi_itd), tendo em conta a tabela 14 e o gráfico 12, as variáveis a ter em conta no que concerne à política económicas são o Investimento em Educação em percentagem do PIB, o Investimento em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

Já no que respeita à componente de Serviços Públicos Digitais (Desi_spd), em Portugal, de acordo com a tabela 14 e o gráfico 13, as políticas económicas que

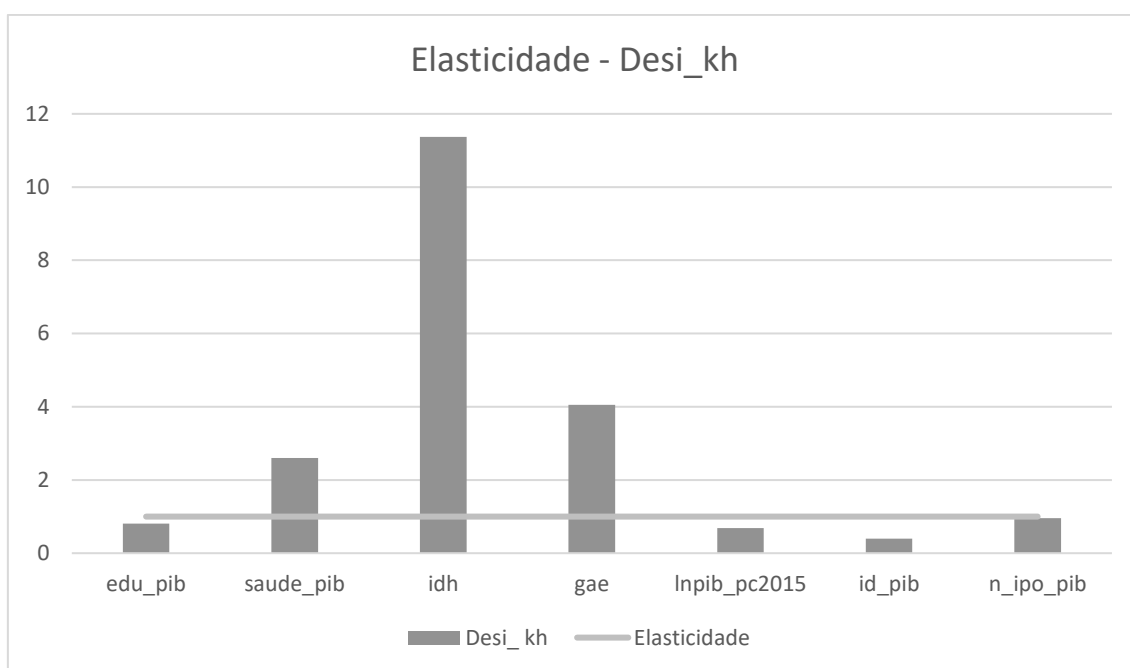
incrementam esta componente são ao nível do Investimento em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

Tabela 14 - Elasticidades das componentes DESI – média de Portugal

Elasticidade Portugal				
Variáveis	Desi_kh	Desi_conct	Desi_itd	Desi_spd
edu_pib	0,805933515	1,057027996	1,00702153	0,307716573
saude_pib	-2,603859636	-3,65720027	-3,417339037	-5,375739937
idh	-11,37445749	-10,67486836	-2,819906164	-2,339690199
gae	4,050464997	14,47979062	10,3559703	5,713122319
lnpib_pc2015	0,68500371	17,30915682	10,87813752	10,29970299
id_pib	0,395442763	0,798326908	0,538320697	0,749913964
n_ipo_pib	-0,954184004	-1,624716334	-0,598412497	-0,715796842

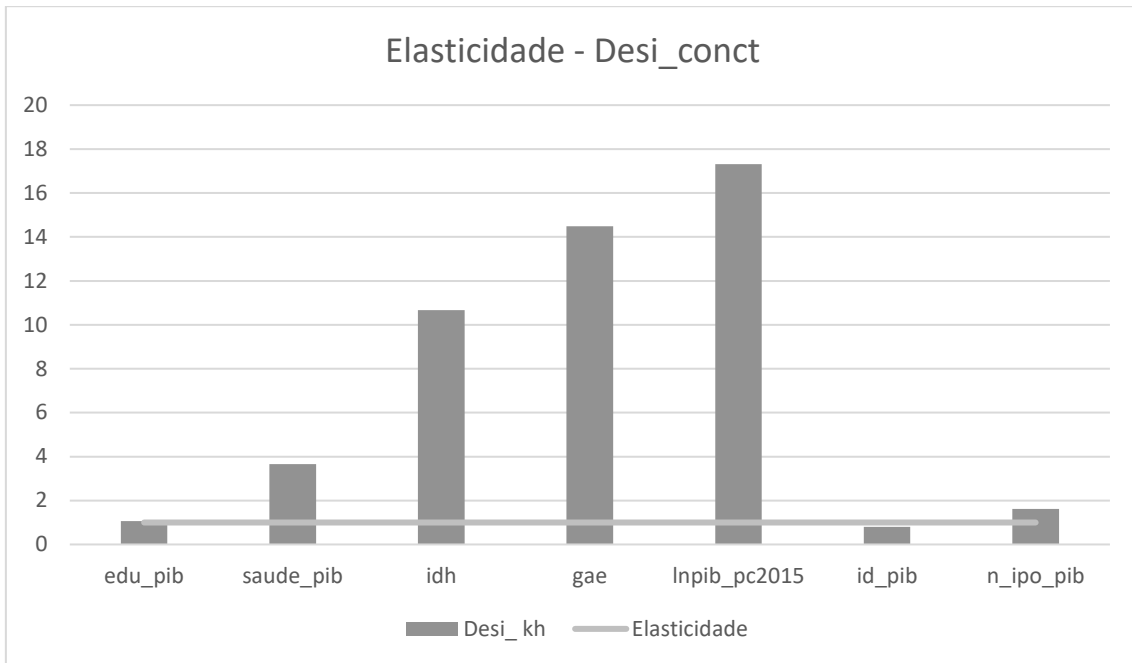
(Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 11 - Elasticidade – DESI_kh – Portugal



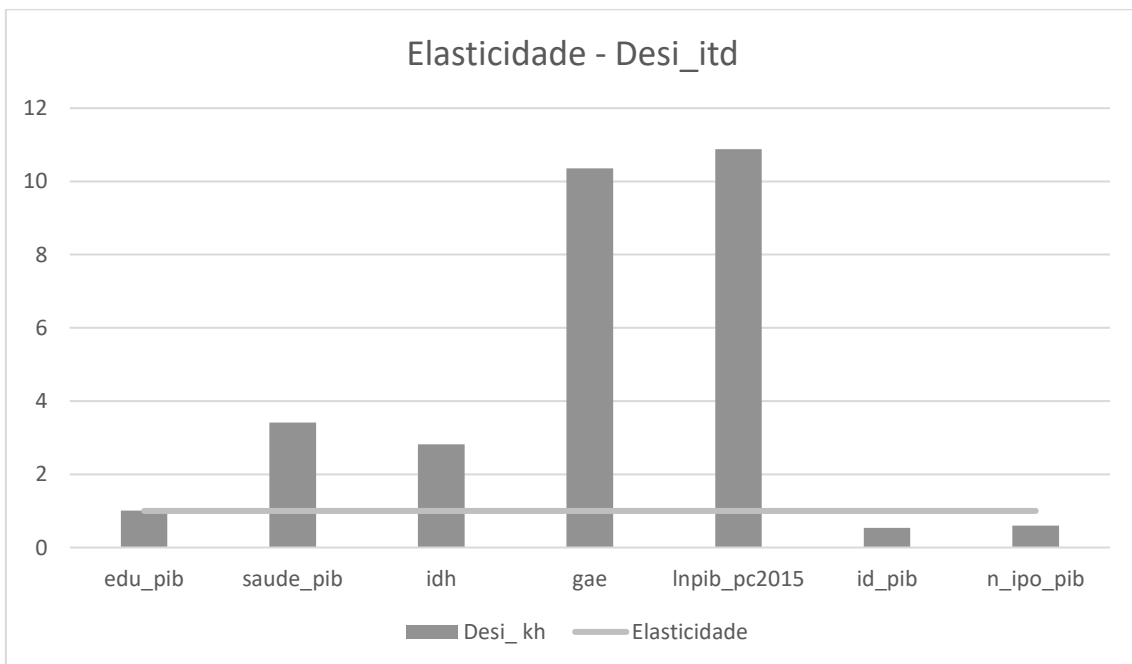
(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 12 - Elasticidade – Desi_conct – Portugal



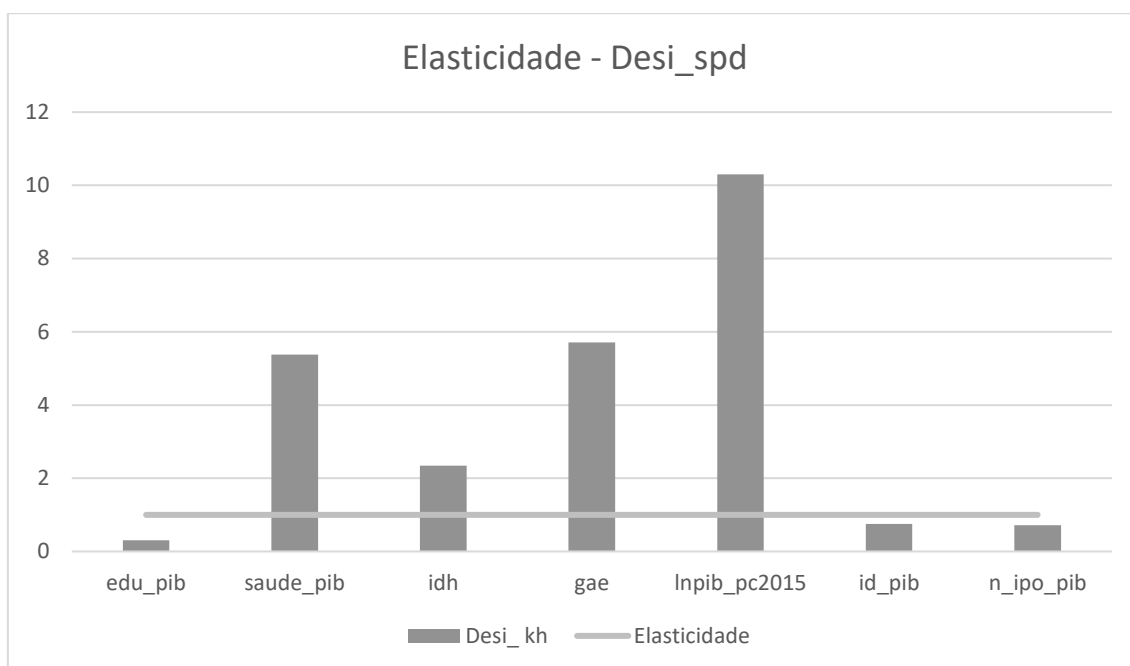
(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 13 - Elasticidade – Desi_itd – Portugal



(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

Gráfico 14 - Elasticidade – Desi_spd – Portugal



(Linha horizontal corresponde a elasticidade unitária – Fonte: Elaboração Própria.)

A Produtividade média foi calculada através das estatísticas descritivas, em que é feita a divisão entre a média da variável explicada e a média da variável explicativa ($Pme_{Y,X} = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$).

A Produtividade marginal foi calculada para o período como as variações marginais das variáveis explicadas e explicativas para todo o período, e depois feita a média para todo o período.

A partir daqui extraiu-se a **elasticidade das médias² das variáveis** para o período.

Pela observação da tabela 15, é possível extrair algumas conclusões, à semelhança da tabela 20, no que respeita aos Rendimentos à Escala gerados pelas variáveis em Portugal.

Deste modo, é possível concluir que, em Portugal, no que concerne à componente de Capital Humano (Desi_kh), a variável que provoca Rendimentos Crescentes à Escala é o Grau de Abertura ao Exterior.

Já no que respeita à componente de Conectividade (Desi_conct) do DESI, em Portugal, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Investimento

$${}^2 \text{ Elasticidade das médias} = \frac{Pmg_{Y,X,2021-2017}}{Pme_{Y,X,2021-2017}} = \frac{\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_{2021-2020} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2020-2019} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2019-2018} + \frac{\Delta y}{\Delta x} \Big|_{2018-2017}}{4} \Bigg/ \frac{((\sum_{2017}^{2021} Y_i)/4)/((\sum_{2017}^{2021} X_i)/4)}{\left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \right)}$$

em Educação em percentagem do PIB, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

Também foi possível extrair conclusões no que respeita à componente de Integração das Tecnologias Digitais (Desi_itd), em Portugal, no que respeita às variáveis que provocam Rendimentos Crescentes à Escala, sendo estas: o Investimento em Educação em Percentagem do PIB, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

No que concerne à componente de Serviços Públicos Digitais do DESI (Desi_spd), é possível concluir que, em Portugal, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015.

Tabela 15 - Produtividade Média (pm) e Produtividade Marginal (pmg) das componentes e Rendimentos à escala do DESI – média da Portugal

Portugal								
Variáveis	Desi_kh				Desi_conct			
	pmg	pm	pmg-pm		pmg	pm	pmg-pm	
edu_pib	1,7503	2,171767	-0,42147	RDE	1,96825	1,86206	0,10619	RCE
saude_pib	-3,95865	1,520302	-5,47895	RDE	-4,76715	1,303498	-6,07065	RDE
idh	-135,318	11,89663	-147,214	RDE	-108,885	10,2001	-119,085	RDE
gae	98,239	24,25376	73,98524	RCE	301,1077	20,79503	280,3126	RCE
lnpib_pc2015	0,573061	0,836582	-0,26352	RDE	12,41551	0,71728	11,69823	RCE
id_pib	2,749595	6,953206	-4,20361	RDE	4,759336	5,961638	-1,2023	RDE
n_ipo_pib	-84,8737	88,94895	-173,823	RDE	-123,908	76,26431	-200,172	RDE
Portugal								
Variáveis	Desi_itd				Desi_spd			
	pmg	pm	pmg-pm		pmg	pm	pmg-pm	
edu_pib	1,616933	1,605659	0,011274	RCE	0,920833	2,992472	-2,07164	RDE
saude_pib	-3,84112	1,124009	-4,96513	RDE	-11,2612	2,09482	-13,356	RDE
idh	-24,8027	8,795569	-33,5982	RDE	-38,353	16,39233	-54,7453	RDE
gae	185,6992	17,9316	167,7676	RCE	190,9279	33,41919	157,5087	RCE
lnpib_pc2015	6,728262	0,618512	6,10975	RCE	11,87271	1,152724	10,71999	RCE
id_pib	2,767364	5,140734	-2,37337	RDE	7,184779	9,580804	-2,39603	RDE
n_ipo_pib	-39,3533	65,7629	-105,116	RDE	-87,7299	122,5625	-210,292	RDE

(Fonte: Elaboração Própria.)

Analisando a informação acima apresentada, é agora possível tirar conclusões no que respeita a uma comparação entre Portugal e a União Europeia.

A análise seguinte da tabela 16 ilustra-nos, respetivamente, o rácio dos valores portugueses da elasticidade, das produtividades marginais e produtividades médias face à média estimada pelo painel nas tabelas anteriores para a União Europeia.

Deste modo, o rácio das Elasticidades foi calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Rácio das Elasticidades} = \frac{\text{Elasticidade (PT)}}{\text{Elasticidade (UE)}}$$

Um rácio inferior a um significa que a produtividade média ou marginal do fator ainda não atingiu a média europeia, ou seja, é um gap ou hiato até à média europeia.

No que respeita ao DESI para Capital Humano (DESI_kh), os respetivos fatores têm uma elasticidade entre 87,9 pontos base e 0,003% face à média europeia, nas variáveis Número de Patentes em percentagem do PIB e PIB a preços constantes de 2015, respetivamente.

O rácio de DESI da Conectividade (DESI_conct) das elasticidades é relativamente baixo (varia entre 157,8 pontos base e 0,003%). Dá-se especial destaque à variável do Investimento em Educação em percentagem do PIB, sendo este o melhor indicador do rácio de Portugal face à média dos Países da União Europeia.

Ainda na tabela 23, relativamente à convergência das elasticidades de Portugal face à União Europeia, em termos de Integração das Tecnologias Digitais (DESI_itd), as elasticidades encontram-se entre cerca de 82 pontos base e 0,007 pontos base, em que a variável que representa os 82 pontos base é o Investimento em Saúde em percentagem do PIB e a percentagem de 0,007 pontos base é representativa da variável Índice de Desenvolvimento Humano.

No que respeita aos Serviços Públicos Digitais (DESI_spd), é possível concluir que o rácio das elasticidades de Portugal face aos países da União Europeia está entre os 56 pontos base e os 0,007 pontos base, representando as variáveis do Investimento em Saúde em percentagem do PIB e Índice de Desenvolvimento Humano, respetivamente.

Em suma, é possível concluir, através da observação da tabela 16, e, apenas tendo em conta as variáveis com significância, dado que apenas estas foram consideradas aquando da realização das elasticidades da União Europeia, que, no que respeita à componente de Capital Humano do DESI (desi_kh) na variável PIB a preços constantes de 2015 Portugal ainda não atingiu a média europeia, pois a semi-elasticidade (lnpib_pc2015) apresenta um valor inferiores a 1.

Tabela 16 – Rácio do módulo das Elasticidades das variáveis PT face a EU

Elasticidade (PT/UE)				
Variáveis	Desi_kh	Desi_conct	Desi_itd	Desi_spd
edu_pib	-10,3965	157,789	-3,32923	1,04293
saude_pib	47,02654	-6,4652	-82,3576	-56,126
idh	-3,03498	-0,3248	-0,0665	0,74569
gae	14,33559	2,61388	5,202332	2,00416
lnpib_pc2015	0,328926	1,0103	2,139731	1,01889
id_pib	0,46301	-0,6897	-1,03731	1,34213
n_ipo_pib	87,86225	6,92193	-18,296	1,07011

(Fonte: Elaboração Própria.)

Legenda:

	elasticidade_PT/elasticidade_UE >1
	elasticidade_PT/elasticidade_UE <1

Os valores da tabela 17 foram calculados através da seguinte fórmula:

$$Pmg(PT - UE) - Pm(PT - UE) = (Pmg(PT) - Pm(PT)) - [PmgUE - PmUE]$$

Podemos afirmar que a convergência das produtividade média e produtividade marginal são, no geral, muito baixas, refletindo uma falta de convergência das produtividades das políticas entre Portugal face à média dos países da União Europeia.

Com isto, através da tabela 17, é possível concluir que, na componente da Capital Humano (Desi_kh), as variáveis que demonstram uma falta de convergência da produtividade marginal da política de Capital Humano de Portugal, face à União Europeia são a Saúde em Percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano, o PIB a preços constantes de 2015, o Investimento em Investigação e Desenvolvimento e o Número de Patentes em percentagem do PIB. As variáveis que demonstram uma falta de convergência da produtividade média são a Saúde em Percentagem do PIB e o Índice de Desenvolvimento Humano.

Com base na mesma análise, mas no que respeita à componente de Conectividade (Desi_cont), é possível concluir que as variáveis que apresentam valores negativos na produtividade marginal, logo que apresentam uma fraca convergência entre Portugal e a média dos países da União Europeia são a Saúde em percentagem do PIB e o Índice de Desenvolvimento Humano. Em relação à produtividade média, todas as variáveis apresentam convergência nesta componente.

No que concerne à componente de Integração das Tecnologias Digitais (Desi_itd), as conclusões a tirar são de que, no que respeita à produtividade marginal, as variáveis que demonstram uma fraca convergência entre Portugal e a média dos Países da União

Europeia são a Saúde em Percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano e o Número de Patentes em percentagem do PIB. No que respeita à produtividade média, nenhuma das variáveis apresenta problemas.

Na componente de Serviços Públicos Digitais (Desi_spd), no que diz respeito à produtividade marginal, a variável que apresenta uma fraca convergência entre Portugal e a média dos países de União Europeia é o Número de Patentes em percentagem do PIB. No que respeita à produtividade média, a variável que apresenta falta de convergência é a Saúde em percentagem do PIB.

Tabela 17 - Convergência pmg e pm das varáveis PT face a EU

Variáveis	pm e pmg (PT-EU)							
	Desi_kh		Desi_conct		Desi_itd		Desi_spd	
	pmg	pm	pmg	pm	pmg	pm	pmg	pm
edu_pib	1,917	0,015	1,957	0,242	2,028	0,247	0,112	0,251
saude_pib	-3,867	-0,142	-5,474	0,055	-3,885	0,077	-11,464	-0,019
idh	-180,479	-0,153	-406,345	1,148	-346,747	1,204	9,714	1,073
gae	93,597	7,823	232,738	8,453	165,094	7,580	131,383	12,531
lnpib_pc2015	-1,136	0,016	1,857	0,101	4,100	0,102	1,329	0,110
ln_id	-2,661	0,618	10,267	1,203	4,839	1,150	2,685	1,527
n_ipo_pib	-84,483	52,974	-117,565	49,241	-40,095	43,098	-57,137	76,826

(Fonte: Elaboração Própria.)

Legenda:

	Diferencial (PT-UE)>0
	Diferencial (PT-UE)<0

6. Discussão de Resultados

A variável de Educação em Percentagem do PIB apresenta sempre um impacto positivo no que respeita às 3 componentes que constituem o DESI em que tem significância (Conectividade, Integração das Tecnologias Digitais e Serviços Públicos Digitais), pelo que, com isto, se pode concluir que o efeito do investimento em Percentagem do PIB tem demonstrado um resultado positivo na evolução tecnológica dos países, tal como era de esperar à priori.

Tal como se verificou anteriormente com a variável de Educação em Percentagem do PIB, o mesmo é possível concluir em relação ao Investimento em Saúde e Percentagem do PIB, que, tal como esperado, proporciona um impacto positivo no que respeita à evolução tecnológica da média dos países da União Europeia.

Para a componente de Integração de Tecnologias Digitais, no que respeita à variável de Índice de Desenvolvimento Humano, também se verificou o esperado, sendo que o aumento do IDH também tem um impacto positivo na evolução tecnológica dos países.

Ficou também comprovado que, um aumento no PIB, origina um aumento geral em todas as componentes do DESI e que a posta em Investimento em Investigação e Desenvolvimento proporciona um aumento da tecnologia nos países da União Europeia.

A pandemia fez com que os principais indicadores do IDH (saúde, esperança média de vida e educação) diminuíssem, e por consequência que o Índice de Desenvolvimento Humano diminuísse em cerca de 5 anos. Essa redução na qualidade de vida das pessoas pode explicar que a componente de Serviços Públicos Digitais tenha sido prejudicadas.

Aferiu-se também que as variáveis a ter em conta no que respeita a políticas económicas na União Europeia é o PIB a preços constantes. Logicamente, o aumento do PIB a preços constantes tem um impacto positivo na tecnologia, na medida em que, quanto maior for a riqueza de um país, maior poderá ser o seu investimento em tecnologia, investimento esse que, certamente, aumentará o nível tecnológico dos países.

Já em Portugal, as variáveis de interesse no que concerne às políticas económicas respeitantes à componente de Capital Humano são o Investimento em Saúde em percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano e o Grau de Abertura ao Exterior. No que respeita à componente de Conectividade, as variáveis de interesse ao nível das políticas económicas são o Investimento em Educação em percentagem do PIB, o Investimento em Saúde em Percentagem do PIB, O Índice de Desenvolvimento

Humano, o Grau de Abertura ao Exterior, o PIB a preços constantes de 2015 e o Número de Patentes em percentagem do PIB. No que respeita à componente de Integração das Tecnologias Digitais, as variáveis de interesse são o Investimento em Educação em percentagem do PIB, o Investimento em Saúde em Percentagem do PIB, O Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015. Por fim, quando à componente de Serviços Públicos Digitais, as variáveis de interesse no que respeita às políticas económicas de Portugal são o Investimento em Saúde em Percentagem do PIB, O Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015. Tal como referido anteriormente, um maior investimento em saúde e educação, implicam, à partida, um maior nível de saúde e de educação, pelo que é uma mais-valia que se invista politicamente nestes indicadores na medida em que mais educação e mais saúde originam mais tecnologia. Quanto maior for a riqueza de um país, mais dinheiro há disponível para investir em tecnologia. Estas três componentes interligadas fazem com que seja indispensável agir politicamente de modo a aumentar o Índice de Desenvolvimento Humano. Um país mais aberto ao exterior é também um país mais aberto a receber a tecnologia vinda de países exteriores, daí este indicador também seja imprescindível quando a intenção é aumentar os níveis tecnológicos de um país. O Número de Patentes é um indicador que mostra a quantidade de patentes criadas num determinado país. É lógico que um aumento deste indicador proporciona a que o país seja mais evoluído tecnologicamente.

Na União Europeia e, ao nível da componente de Capital Humano, as variáveis que provocam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano e o PIB a preços constantes de 2015, logo, para estimular o crescimento do capital humano, os países devem agir de modo a aumentar o seu Produto Interno, deste modo aumentando também o Índice de Desenvolvimento Humano. No que respeita à componente de Conectividade do DESI, as variáveis que proporcionam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços Constantes de 2015. Já na componente de Integração de Tecnologias Digitais do DESI (Desi_itd), no contexto dos 27 países que foram a União Europeia, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Índice de Desenvolvimento Humano, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços Constantes em Percentagem do PIB. Por último, no que diz respeito à componente do DESI que se refere aos Serviços Públicos Digitais, na média dos países da União Europeia, as variáveis que promovem

Rendimentos Crescentes à Escala são o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015. Estas três últimas componentes do DESI seguem a mesma lógica que a componente de Capital Humano, porém tocando também no ponto de que é fundamental que os países se abram mais ao exterior para estimular o crescimento da componente de Conectividade, Integração das Tecnologias Digitais e Serviços Públicos Digitais.

Em Portugal, no que concerne à componente de Capital Humano, a variável que provoca Rendimentos Crescentes à Escala é o Grau de Abertura ao Exterior. Já no diz respeito à componente de Conectividade do DESI, em Portugal, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Investimento em Educação em percentagem do PIB, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015. Na componente de Integração das Tecnologias Digitais, em Portugal, no que respeita às variáveis que provocam Rendimentos Crescentes à Escala, sendo estas: o Investimento em Educação em Percentagem do PIB, o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015 e, no que concerne à componente de Serviços Públicos Digitais do DESI, é possível concluir que, em Portugal, as variáveis que originam Rendimentos Crescentes à Escala são o Grau de Abertura ao Exterior e o PIB a preços constantes de 2015. Deste modo, é perceptível que o investimento em Educação é crucial para que Portugal atinja níveis tecnológicos mais elevados e competitivos relativamente aos restantes países. É também entendido que, para fomentar as componentes do DESI, o país deve abrir-se mais ao exterior, e com isto, o retorno em será mais do que proporcional. É também fundamental que o país adote políticas de incremento do Produto Interno, pois este também tem um impacto significativo no que concerne à evolução tecnológica.

Fazendo uma comparação entre Portugal e a União Europeia, no que respeita à componente de Capital Humano do DESI nas variáveis do PIB a preços constantes de 2015 e de Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB, Portugal ainda não atingiu a média europeia, pois a sua elasticidade (id_pib) e semi-elasticidade ($lnpib_pc2015$) apresentam valores inferiores a 1. É possível extrair conclusões semelhantes nas restantes variáveis, sendo que na componente de Conectividade as variáveis que ainda não atingiram a média da União Europeia são o Índice de Desenvolvimento Humano e a Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB e, nas componentes de Integração das Tecnologias Digitais e de Serviços Públicos Digitais, a variável que apresenta valores inferiores a 1 é o Índice de Desenvolvimento Humano.

Na mesma lógica de análise, no entanto no que respeita à observação das produtividades média e marginal de Portugal e da média dos países da União Europeia, é possível concluir que a convergência das produtividade média e produtividade marginal são, no geral, muito baixas, refletindo uma falta de convergência das produtividades das políticas entre Portugal face à média dos países da União Europeia. Na componente da Capital Humano, as variáveis que demonstram uma falta de convergência da produtividade marginal da política de Capital Humano de Portugal, face à União Europeia são a Saúde em Percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano, o PIB a preços constantes de 2015, o Investimento em Investigação e Desenvolvimento e o Número de Patentes em percentagem do PIB. As variáveis que demonstram uma falta de convergência da produtividade média são a Saúde em Percentagem do PIB e o Índice de Desenvolvimento Humano. Na componente de Conectividade, é possível concluir que as variáveis que apresentam valores negativos na produtividade marginal, logo que apresentam uma fraca convergência entre Portugal e a média dos países da União Europeia são a Saúde em percentagem do PIB e o Índice de Desenvolvimento Humano. Em relação à produtividade média, todas as variáveis apresentam convergência nesta componente. Já no que concerne à componente de Integração das Tecnologias Digitais, as conclusões a tirar são de que, no que respeita à produtividade marginal, as variáveis que demonstram uma fraca convergência entre Portugal e a média dos Países da União Europeia são a Saúde em Percentagem do PIB, o Índice de Desenvolvimento Humano e o Número de Patentes em percentagem do PIB. No que respeita à produtividade média, nenhuma das variáveis apresenta problemas e, na componente de Serviços Públicos Digitais, no que diz respeito à produtividade marginal, a variável que apresenta uma fraca convergência entre Portugal e a média dos países de União Europeia é o Número de Patentes em percentagem do PIB. No que respeita à produtividade média, a variável que apresenta falta de convergência é a Saúde em percentagem do PIB.

7. Conclusões

Ficou claro que a Indústria 4.0 é, cada vez mais, uma realidade e que os modelos de negócio foram fortemente influenciados pela mesma, desde que este novo paradigma implementou uma nova forma de comunicação ao longo de toda a cadeia de valor. Posto isto, é imprescindível que os países e as empresas acompanhem essa evolução se quiserem continuar a ser competitivos.

Foram criados, pelo Governo de Portugal, tal como pelos Governos dos restantes estados-membros da União Europeia, um conjunto de incentivos para levar as empresas a adotar inovação no seu processo produtivo e a capacitar os seus recursos humanos de modo que estes consigam acompanhar o processo tecnológico das empresas. No entanto, no que respeita a Portugal, este investimento ainda se mostra insuficiente.

A realização desta dissertação tem como objetivo compreender qual a posição de Portugal face aos restantes estados-membros da União Europeia no que concerne à digitalização para que, desse modo, seja possível inferir quais as diferenças e semelhanças quantitativas entre os países da União Europeia, quanto ao seu desempenho na componente digital, e quais os seus fatores de maior influência.

Segundo o *Digital Economy & Society Index* de 2021, um relatório elaborado desde 2017 pela Comissão Europeia, que avalia a competitividade Digital dos países da União Europeia, baseado em quatro componentes (Capital Humano, Conectividade, Integração das Tecnologias Digitais e Serviços Públicos Digitais), Portugal registou uma melhoria em 2021 face a 2020, de 19º lugar para 16º, no entanto, ainda se encontra abaixo do média de União Europeia, sendo que o 1º lugar pertence à Dinamarca e o 27º lugar pertence à Roménia.

No que respeita ao Capital Humano, Portugal encontra-se na 18ª posição, registando uma subida de 3 lugares face a 2020, no entanto, ainda abaixo da média dos 27 Estados-Membros da União Europeia.

No que concerne à Conectividade, Portugal ocupa a 15ª posição, apresentando, mais uma vez, grandes melhorias, no entanto ainda abaixo da média dos países da União Europeia.

Em relação à Integração das Tecnologias Digitais, Portugal encontra-se na 17ª posição, mais uma vez abaixo da média dos 27 estados-membros da União Europeia.

Por fim, no que diz respeito à dimensão dos Serviços Públicos Digitais, Portugal encontra-se no 14º lugar, o único das componentes em que Portugal se encontra acima da média dos 27 estados-membros da União Europeia.

Tendo em conta os Resultados Económicos foi possível concluir que, tal como expectável, as variáveis Educação em percentagem do PIB, Saúde em Percentagem do PIB, PIB a preços constantes de 2015 e Investimento em Investigação e Desenvolvimento em percentagem do PIB, proporcionam o aumento de todas as componentes do DESI e, consequentemente o aumento dos níveis tecnológicos da média dos países da União Europeia. O mesmo nem sempre se verifica no que respeita nas variáveis de Índice de Desenvolvimento Humano, Grau de Abertura ao Exterior e Número de Patentes em percentagem do PIB e a grande justificação para isso acontecer prende-se com o fator Pandemia, ocorrido entre os anos 2020 e 2021 em análise.

Também foi possível extrair a conclusão de que, tanto ao nível da média dos países da União Europeia como ao nível de Portugal, a pandemia trouxe efeitos positivos no que concerne à componente tecnológica, na medida em que os países tiveram e necessidade de evoluir nessa componente para continuarem a ser competitivos.

7.1. Conclusões de *Policy Making*

Ao nível da política económica, foi possível concluir que o caminho de Portugal ainda é longo para ultrapassar a média da União Europeia e integrar no grupo dos quais fazem parte os países mais industrializados da União Europeia.

Deste modo, Portugal terá de ter em conta, essencialmente políticas que proporcionem um aumento do PIB, dado que esta é a variável mais elástica, logo que tem maior multiplicador, daí sere mais eficientes como instrumentos com base na elasticidade (objetivo, instrumento).

7.2. Limites da Análise e Perspetivas Futuras

Quanto aos limites da análise são os convencionais. Mais do que viés de observador europeu pela autora e orientador serem da União Europeia, o facto de a natureza dos dados ser apenas da União Europeia, pode parecer uma limitação, no entanto, torna-se também uma mais-valia. Isto porque, o processo de integração europeia tem visado, desde o tratado de Roma, uma integração forte a todos os níveis, como

ilustram os textos e manuais de integração europeia (veja-se recentemente, Bongardt e Torres (2022)), a homogeneidade entre atores da União Europeia, e, especialmente com o Brexit, aumentou.

Esta dissertação, já pós-Brexit, fez a análise sob a hipótese de um chapéu de (EEE) Espaço Económico Europeu dos 27 estados-membros da União Europeia, isto é, sem o Reino Unido. Mas, de qualquer modo, seria interessante em extensões futuras, olhar para o papel do DESI do Reino Unido, *ex-ante* Brexit e *ex-post*, uma vez que se trata de uma das sociedades europeias, sem sombra de dúvida, das mais avançadas, e avaliar do seu impacto ou não, se teve efeitos negativos, positivos ou nulos na sociedade e na economia digital e na Indústria 4.0 europeia.

Relembre-se que o foco desta tese era o mero enquadramento da Indústria 4.0 portuguesa na indústria 4.0 da União Europeia. Deste modo, os resultados afiguram-se nos alcançados, mas com desejo de melhorar sempre mais.

À data de conclusão desta tese, saiu o indicador de DESI de 2022. Eventualmente, caso haja disponibilidade efetiva dos índices de 2022 para toda a EU a 27, poderemos fazer previsão do modelo estimado para 2022, e comparar com os valores reais desse mesmo ano.

Explorámos ainda a possibilidade de endogeneizar a mudança dos ponderadores no índice DESI, e como o papel do Estado intervém no mesmo, tal como consta nas primeiras 4 páginas em anexo, uma breve análise que evidencia que esta dissertação pode ainda descortinar novos caminhos.

Estendendo toda a análise de painel para os anos 2017-2021, com os ponderadores reotimizados em todos os 27 países da União Europeia.

Uma outra extensão que fizemos foi a estimação de uma fronteira estocástica, para robustecer a análise de produtividades marginais, médias e elasticidades, mas que apesar de não incluirmos a fronteira, está disponível a pedido à autora.

Estas reconfigurações são deixadas como considerações futuras e que exprimem a riqueza e complexidade do tema em apreço, e que nunca se esgota.

Bibliografia

- Aghion, P., Howitt, P., Howitt, (1998). *Endogenous growth theory*. MIT press.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). *Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations*. *The review of economic studies*.
- Baltagi, B.H. (2014). *The Oxford Handbook of Panel Data (Oxford Handbooks)*. Oxford University Press.
- Bongardt, A. & e Torres, F. (2022). *Lessons on the Political Economy of European Integration*. UCE, Universidade Católica Editora. Lisbon.
- Comissão Europeia. (2017). *Germany: Industrie 4.0*. Acedido em 5/12/2022 em: https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%204.0_DE.pdf
- Comissão Europeia. (2021). *Horizonte Europa*. Acedido em 5/12/2022 em: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_pt
- Comissão Europeia. (2021). *The Digital Economy and Society Index (DESI)*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- Countryeconomy.com. (s.d.). *Despesa Pública em Saúde*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://pt.countryeconomy.com/governo/despesa/saude>
- COTEC. (2019). *Indústria 4.0 Fase II*. Acedido em 5/12/2022 em: https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/01/COTEC_Programa-i4.0_Segunda-Fase_vf1geral-logo.pdf
- COTEC. (2020). *Europa a duas velocidades na digitalização*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://cotecportugal.pt/pt/2020/03/18/europa-a-duas-velocidades-na-digitalizacao/>
- Deloitte. (2017). *Indústria 4.0 – Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www2.deloitte.com/pt/pt/pages/consumer-industrial-products/articles/industria-4-0-.html>
- Digital Scoreboard. (s.d.). *DESI by components*. Acedido em 05/12/2022 em: <https://digital-agenda-data.eu/charts/DESI-components#chart={%22indicator%22:%22DESI%22,%22breakdown->

[group%22:%22DESI%22,%22unit-measure%22:%22pc_DESI%22,%22time-period%22:%222021%22}](#)

ElMaraghy, H., Schuh, G., ElMaraghy, W., Piller, F., Schönsleben, P., Tseng, M., & Bernard, A. (2013). *Product variety management*. Cirp Annals.

Eurostat. (s.d.). *General government expenditure by function*. Acedido em 5/12/2022 em: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tepsr_sp110/defaultv/table?lang=en

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). *Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production*. Procedia CiRp.

Global, C. G. I. (2017). *Industry 4.0: Making Your Business More Competitive*. CGI Global, Montreal, Canada.

Glova, J., Sabol, T., & Vajda, V. (2014). *Business models for the internet of things environment*. Procedia Economics and Finance.

Governo de Portugal. (2021). *Plano de Recuperação e Resiliência – Recuperar Portugal, construindo o futuro*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBQAAAB%2BLCAAAAAAABAAzNDQzMgYAqIWyYAUAAAA%3D>

Hajrizi, E. (2016). *Smart solution for smart factory*. IFAC-PapersOnLine.

Hausman, J. (1978). *Specification tests in econometrics*. *Econometrica* 46: 1251- 1271.

IAPMEI. (s.d.). *Horizonte 2020*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Empreendedorismo-Inovacao/Inovacao-e-Competitividade/Incentivos-e-financiamento/Horizonte-2020.aspx>.

IAPMEI. (2019). *Indústria 4.0 - Governo lança Fase II do programa*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.iapmei.pt/NOTICIAS/Industria-4-0-Governo-lanca-2-fase-do-programa.aspx>

IAPMEI. (2021). *Indústria 4.0 – Sistemas de Incentivos à Economia Digital*. Acedido em 5/12/2022 em: https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Incentivos-Financiamento/Sistemas-de-Incentivos/Tutoriais-e-Boas-Praticas/DOCSTutoriais/GuiaIndustria40_9.aspx

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion.

Khan, A., & Turowski, K. (2016). *A survey of current challenges in manufacturing industry and preparation for industry 4.0*. In Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’16). Springer, Cham.

Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). *A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept*. Procedia Manufacturing.

Krugman, P., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2017). *International Economics: Theory and Policy*, the latest edition, Pearson.

Krugman, P. (2022) “War, trade and the bread basket”. Comunicação à Academia das Ciências de Lisboa, Portugal, por Zoom. 17 de maio de 2022.

Mussa, M. (1978). Dynamic adjustment in the Heckscher-Ohlin-Samuelson model. *Journal of Political Economy*, 86(5), 775-791.

Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento PNUD. (2018). *Human Development Indices and Indicators*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://hdr.undp.org/content/statistical-update-2018>

Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento PNUD. (2019). *Relatório do Desenvolvimento Humano 2019*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2019ptpdf.pdf>

Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento PNUD. (2020). *Relatório do Desenvolvimento Humano 2020*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.undp.org/pt/angola/publications/relat%C3%B3rio-do-desenvolvimento-humano-2020-pr%C3%B3xima-fronteira-o-desenvolvimento-humano-e-o-antropoceno>

Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento PNUD. (2022). *Desenvolvimento Humano Relatório de 2021/2022*. Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.undp.org/pt/angola/publications/relatorio-do-desenvolvimento-humano-2021/2022>

Pordata. (s.d). *Pedidos de patentes ao Instituto Europeu de Patentes (IEP) por milhão de habitantes.* Acedido em 5/12/2022 em: [https://www.pordata.pt/europa/pedidos+de+patentes+ao+instituto+europeu+de+patentes+\(iep\)+por+milhao+de+habitantes-3576](https://www.pordata.pt/europa/pedidos+de+patentes+ao+instituto+europeu+de+patentes+(iep)+por+milhao+de+habitantes-3576)

Pordata. (s.d.). *Balança Comercial: Exportações.* Acedido em 5/12/2022 em: [https://www.pordata.pt/europa/balanca+comercial+exportacao+\(euro\)-1554](https://www.pordata.pt/europa/balanca+comercial+exportacao+(euro)-1554).

Pordata. (s.d.). *Balança Comercial: Importações.* Acedido em 5/12/2022 em: [https://www.pordata.pt/europa/balanca+comercial+importacao+\(euro\)-1555](https://www.pordata.pt/europa/balanca+comercial+importacao+(euro)-1555).

Pordata. (s.d.). *Despesas em atividades de investigação e desenvolvimento (I&D) em % do PIB.* Acedido em: 25/01/2023 em: [https://www.pordata.pt/europa/despesas+em+atividades+de+investigacao+e+desenvolvimento+\(i+d\)+em+percentagem+do+pib+por+setor+de+execucao-1674](https://www.pordata.pt/europa/despesas+em+atividades+de+investigacao+e+desenvolvimento+(i+d)+em+percentagem+do+pib+por+setor+de+execucao-1674)

Pordata. (s.d.). *PIB per capita (PPS) (Euro).* Acedido em 5/12/2022 em: [https://www.pordata.pt/europa/pib+per+capita+\(pps\)-3579](https://www.pordata.pt/europa/pib+per+capita+(pps)-3579)

Pordata. (s.d.). *PIB real per capita (Euro).* Acedido em 01/02/2023 em: <https://www.pordata.pt/db/europa/ambiente+de+consulta/tabela>

Pordata. (s.d.). *Produto Interno Bruto (Euro).* Acedido em 5/12/2022 em: [https://www.pordata.pt/europa/produto+interno+bruto+\(euro\)-1786](https://www.pordata.pt/europa/produto+interno+bruto+(euro)-1786)

Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). *A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond.* Procedia cirp.

Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). *The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions.* Procedia engineering, 69, 1184-1190.

RELATÓRIO, D. D. H. R. (1990). *Definição e medição do desenvolvimento humano.* PNUD/ONU.

República Portuguesa. (2019). *Apresentação da nova fase do i4.0.* Acedido em 5/12/2022 em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/noticia?i=programa-industria-40-entra-na-segunda-fase>

- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M., & Justus, J. (2015). *Future of Productivity and Growth in Manufacturing*. Boston Consulting Group.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Great Britain: Penguin Books.
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). *Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results*. In *International Conference on Business Information Systems*. Springer, Cham.
- Silva, J. S., & Tenreyro, S. (2006). The log of gravity. *The Review of Economics and statistics*, 88(4), 641-658.
- Sommer, L. (2015). *Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?*. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512-1532.
- Stiglitz, J. E., & Greenwald, B. C. (2015). *Creating a learning society: a new approach to growth, development, and social progress*. Columbia University Press.
- Sukhodolov, Y. A. (2019). *The notion, essence, and peculiarities of industry 4.0 as a sphere of industry*. In *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st century*. Springer, Cham.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0" and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International journal of automation technology*, 11(1), 4-16.
- Von Tunzelmann, N. (2003). *Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions*. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), 365-384.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). *Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems*. *Ifac-Papersonline*, 48(3), 579-584.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press, Massachusetts, Boston.

Apêndices

Re-otimização dos pesos do DESI – exploratório

Podemos perspetivar uma análise com base em ponderadores ótimos diferentes dos propostos pela Comissão Europeia, nomeadamente com a intervenção do Estado (máximo) e com intervenção do Estado (mínimo). Para ser totalmente rigorosa, seria necessária uma análise adicional dos anos entre 2017 e 2021 para todos os 27 estados-membros da União Europeia, reponderando-os.

Aqui apenas ilustramos um exemplo, mesmo sem total validade estatística dita assintótica (isto é, sem lei de grandes números), mas apenas um procedimento exploratório para os indicadores a um ano, e apenas para Portugal versus a média da União Europeia dos 27 estados-membros.

Os indicadores que compõem o DESI são: a conectividade, o capital humano, a integração das tecnologias digitais e os serviços públicos digitais. Para o cálculo do DESI é dado a todos uma ponderação de 25%. O presente estudo tem como objetivo dar diferentes ponderações aos indicadores para perceber se a ponderação dada ao papel do estado pode ou não influenciar os resultados obtidos pelo DESI.

A 1 - Ponderação dos indicadores para Portugal, 2021

Portugal 2021			
Indicadores	DESI	Estado Mínimo	Estado Máximo
Conectividade	25%	50%	50%
Capital Humano	25%	25%	5%
Integração das Tecnologias	25%	20%	5%
Serviços Públicos Digitais	25%	5%	40%
TOTAL	100%	100%	100%

(Fonte: Elaboração Própria.)

Para avaliar a intervenção mínima do estado em Portugal, foram dadas as seguintes ponderações aos indicadores: conectividade (50%), capital humano (25%), integração das tecnologias (20%) e serviços públicos digitais (5%).

Já no que concerne à intervenção máxima do estado, os ponderadores considerados foram os seguintes: conectividade (50%), capital humano (5%), integração das tecnologias (5%) e serviços públicos digitais (40%).

A 2 - Ponderação dos indicadores para a média dos países da União Europeia, 2021

Média União Europeia 2021			
Indicadores	DESI	Estado Mínimo	Estado Máximo
Conectividade	25%	50%	50%
Capital Humano	25%	25%	5%
Integração das Tecnologias	25%	20%	5%
Serviços Públicos Digitais	25%	5%	40%
TOTAL	100%	100%	100%

(Fonte: Elaboração Própria.)

Com o mesmo objetivo, mas para avaliar a intervenção mínima do estado na média dos países da União Europeia, foram dadas as mesmas ponderações aos indicadores: conectividade (50%), capital humano (25%), integração das tecnologias (20%) e serviços públicos digitais (5%).

O mesmo foi feito para avaliar a intervenção máxima do estado na média dos países da União Europeia, com as seguintes ponderações: conectividade (50%), capital humano (5%), integração das tecnologias (5%) e serviços públicos digitais (40%).

A 3 - Pontuação em condições da intervenção mínima e máximo do estado para Portugal, 2021

Portugal 2021				
Indicadores	DESI	Pontuação total sem ponderação	Estado Mínimo	Estado Máximo
Conectividade	11,3915	45,566	22,783	22,783
Capital Humano	12,1309	48,5236	12,1309	2,42618
Integração das Tecnologias	9,14354	36,57416	7,314832	1,828708
Serviços Públicos Digitais	17,2369	68,9476	3,44738	27,57904
TOTAL	49,90284		45,676112	54,616928

(Fonte: Elaboração Própria).

Com a ponderação dada pelo DESI aos indicadores, Portugal tem uma pontuação de 49,90284. Na condição da intervenção mínima do estado Portugal teria uma pontuação inferior, de 45,676112 pontos. Já com a intervenção máxima do estado Portugal teria uma pontuação superior, sendo esta de 54,616928.

A 4 - Pontuação em condições da intervenção mínima e máximo do estado para Portugal, 2021

Média União Europeia 2021				
Indicadores	DESI	Pontuação total sem ponderação	Estado Mínimo	Estado Máximo
Conectividade	11,7649	47,0596	23,5298	23,5298
Capital Humano	12,5403	50,1612	12,5403	2,50806
Integração das Tecnologias	9,39214	37,56856	7,513712	1,878428
Serviços Públicos Digitais	17,0132	68,0528	3,40264	27,22112
TOTAL	50,71054		46,986452	55,137408

(Fonte: Elaboração Própria).

No que respeita à média dos países da União Europeia, a pontuação com a ponderação dada pelo DESI aos indicadores é de 50,71054. Com a condição da

intervenção mínima do estado, a média dos países da União Europeia teriam uma pontuação de 46,986452. Com a intervenção máxima do estado a pontuação seria de 55,137408.

Em ambas as situações, uma intervenção mínima do estado prejudicaria a avaliação do desempenho da competitividade tecnológica. Pelo contrário, uma intervenção máxima do estado teria um efeito positivo na pontuação dada, em relação ao DESI.

Em todo o caso, Portugal estaria sempre abaixo da média dos países da União Europeia no que respeita ao desempenho da competitividade tecnológica.

A 5 - Diferencial da postura do estado para Portugal, 2021

Portugal 2021	
Desvio estado min-max	8,940816
em % da média	18%

(Fonte: Elaboração Própria).

A 6 - Diferencial da postura do estado para a média dos países da União Europeia, 2021

Média União Europeia	
Desvio estado min-max	8,150956
em % da média	16%

(Fonte: Elaboração Própria).

Com isto, é possível concluir que a postura do estado impacta no máximo um diferencial, grosso modo, de 18% face à média para Portugal e 16% para a média da União Europeia.

Deste modo, é possível concluir nesta (pequena) extensão que ainda há lugar para estudar a otimalidade dos ponderadores, dada a postura económico-política de cada estado União Europeia e na economia europeia.

Dados em tabela

A 7 - Dados em tabela

Country code	country	year	DESI_kh	DESI_conct	DESI_itd	DESI_spd	PIB_pc
Ale	Alemanha	2017	10,2661	6,77235	5,26675	11,1326	3199960,8
Ale	Alemanha	2018	10,3124	7,01283	5,92432	12,0505	3236009,6
Ale	Alemanha	2019	10,6288	8,1985	6,61235	12,9096	3292189,6
Ale	Alemanha	2020	10,8391	10,0885	7,14668	13,9897	3218742,9
Ale	Alemanha	2021	10,8422	12,972	7,91437	15,3442	3298305,9
Aus	Austria	2017	12,5535	5,5504	5,7683	12,5021	357839,5
Aus	Austria	2018	12,3687	5,9987	6,50585	13,554	365500,5
Aus	Austria	2019	12,6204	7,003	6,9889	14,6072	371255,8
Aus	Austria	2020	12,531	7,29453	8,0141	15,7823	351288,4
Aus	Austria	2021	12,6957	11,9328	8,86228	17,0328	364389,6
Bul	Bulgária	2017	7,48875	5,52685	2,52977	8,35662	427809,4
Bul	Bulgária	2018	7,58283	6,05062	2,85313	9,30338	432216,1
Bul	Bulgária	2019	7,9666	6,9668	3,0177	10,0935	444135,7
Bul	Bulgária	2020	7,85308	7,588	3,27888	11,1047	424860,3
Bul	Bulgária	2021	7,87563	9,12635	3,52185	12,1233	449656,8
Bel	Bélgica	2017	10,4403	6,19665	7,63518	11,4529	52610,2
Bel	Bélgica	2018	11,074	6,50367	8,13157	12,3268	54864,2
Bel	Bélgica	2019	11,5541	6,54755	8,82878	13,0727	58632,7
Bel	Bélgica	2020	11,6477	8,79362	9,81665	13,9815	58002,2
Bel	Bélgica	2021	11,5767	9,48112	10,6567	14,9952	427809,4
Ch	Chipre	2017	9,77423	4,29555	5,85337	9,22873	20424,7
Ch	Chipre	2018	9,52415	4,47843	6,22083	10,1808	21625,4
Ch	Chipre	2019	9,9053	5,23053	6,7843	10,8005	22996,8
Ch	Chipre	2020	9,93995	5,9813	7,31675	12,1039	21967,4
Ch	Chipre	2021	9,92805	8,79095	8,048	13,2179	23566,4
Cr	Croácia	2017	11,4816	4,91055	5,25	8,73102	49653,2
Cr	Croácia	2018	11,7971	5,22185	5,6023	9,53327	51596,6
Cr	Croácia	2019	12,5602	5,99022	6,2242	10,2868	54002,7
Cr	Croácia	2020	12,3643	6,76915	6,92408	10,9489	48927,7
Cr	Croácia	2021	12,5354	9,58943	8,5931	12,3478	55050,2
Din	Dinamarca	2017	13,3692	9,19005	8,81388	15,1059	291600,6
Din	Dinamarca	2018	13,4169	9,69715	9,29535	16,282	296983
Din	Dinamarca	2019	13,7221	10,7534	10,2903	17,2854	301977
Din	Dinamarca	2020	14,0935	12,0051	11,4581	18,4152	302973,5
Din	Dinamarca	2021	14,3881	18,029	13,2641	19,5692	320990,3

Country code	country	year	DESI_kh	DESI_conct	DESI_itd	DESI_spd	PIB_pc
Eslvk	Eslováquia	2017	9,404	6,51253	4,79445	9,07283	83914,7
Eslvk	Eslováquia	2018	9,7441	6,6454	5,48973	9,802	86869
Eslvk	Eslováquia	2019	9,99807	6,94125	5,7431	10,5696	88815,5
Eslvk	Eslováquia	2020	10,4904	8,00352	6,08458	11,613	86119,5
Eslvk	Eslováquia	2021	10,8317	10,16	6,55228	12,4043	88337,7
Eslvn	Eslovénia	2017	10,1022	7,562	6,439	11,5996	42417,5
Eslvn	Eslovénia	2018	10,1804	7,75572	7,18735	12,7366	44385
Eslvn	Eslovénia	2019	10,5294	8,84883	7,76295	13,7451	46173,6
Eslvn	Eslovénia	2020	10,7409	9,04145	8,48353	14,6585	44858,4
Eslvn	Eslovénia	2021	10,8267	11,9036	8,92845	16,3011	48806,3
Esp	Espanha	2017	11,8305	7,93278	6,0118	14,7431	1143172,4
Esp	Espanha	2018	11,8719	8,56227	7,02367	15,9097	1163598,5
Esp	Espanha	2019	12,1423	10,2992	7,59788	16,9977	1194622,1
Esp	Espanha	2020	12,4181	11,2893	7,93675	18,0736	1075920,5
Esp	Espanha	2021	12,596	14,1409	8,57117	19,4988	1127468,2
Estn	Estónia	2017	11,4539	7,93857	5,16315	16,7819	22811,6
Estn	Estónia	2018	11,875	8,15045	5,94287	18,0149	24000,2
Estn	Estónia	2019	12,4909	8,689	6,3919	19,0014	25126,4
Estn	Estónia	2020	12,8513	9,02223	6,97792	20,202	25013,7
Estn	Estónia	2021	13,2647	10,0233	8,30132	21,5644	27410,1
Fin	Finlândia	2017	16,1651	7,09195	8,59745	15,9962	223551,3
Fin	Finlândia	2018	16,479	6,9519	9,71005	17,2314	227945,7
Fin	Finlândia	2019	16,4447	8,82778	10,7316	18,138	231567,9
Fin	Finlândia	2020	16,8724	9,8932	12,2502	19,4101	228926,7
Fin	Finlândia	2021	17,6315	11,5488	13,3525	20,6306	237014,7
Fr	França	2017	11,3413	6,08133	5,0744	11,3467	2263961,8
Fr	França	2018	11,5147	6,5454	5,46602	12,4081	2281183,4
Fr	França	2019	11,8082	8,27633	6,07288	13,3071	2322663,2
Fr	França	2020	12,2481	9,03963	6,80022	14,4454	2190018
Fr	França	2021	12,2357	10,5183	7,47183	15,6991	2322501,9
Gr	Grécia	2017	9,0537	3,168	4,1401	5,99578	174892,1
Gr	Grécia	2018	8,94075	3,35068	4,56147	6,6723	176140,6
Gr	Grécia	2019	9,13787	4,07207	4,97525	7,3408	178949,1
Gr	Grécia	2020	9,6052	4,7858	5,0522	8,12753	163493
Gr	Grécia	2021	10,2528	7,77875	5,50457	8,9764	178550

Country code	country	year	DESI_kh	DESI_conct	DESI_itd	DESI_spd	PIB_pc
Hl	Holanda	2017	13,717	8,71615	8,14882	15,0112	727954,6
Hl	Holanda	2018	14,0381	8,88548	8,90578	16,2355	751297,8
Hl	Holanda	2019	14,4611	9,01532	9,73343	17,3127	768628,3
Hl	Holanda	2020	14,8544	10,9111	10,5365	18,3791	744699
Hl	Holanda	2021	15,1561	15,6291	11,7217	19,857	778647
Hun	Hungria	2017	9,106	6,40788	3,22292	9,5248	123516,8
Hun	Hungria	2018	8,99512	7,1203	3,6554	10,3424	128547,4
Hun	Hungria	2019	9,11203	7,91335	3,89325	11,2654	133862,7
Hun	Hungria	2020	9,2712	10,4229	4,1621	11,9792	121808,7
Hun	Hungria	2021	9,68185	11,3417	4,59468	13,0991	129165,6
Irl	Irlanda	2017	14,3205	4,9965	7,8276	14,1924	297465,7
Irl	Irlanda	2018	14,454	5,66117	8,50965	15,4795	324039
Irl	Irlanda	2019	14,3906	6,693	9,3658	16,2479	350742
Irl	Irlanda	2020	14,9072	8,01287	10,3686	17,5252	368415,4
Irl	Irlanda	2021	15,1061	12,1858	11,0341	18,788	411470,5
It	Itália	2017	8,20022	4,87238	5,5889	9,49603	1714306,8
It	Itália	2018	8,41625	5,4599	6,23715	10,4453	1728186,5
It	Itália	2019	8,71498	7,6354	6,82485	11,1679	1740938,5
It	Itália	2020	8,89822	8,2464	7,48005	12,0982	1612253,8
It	Itália	2021	8,88393	9,2325	9,28677	13,4491	1697190,9
Let	Letónia	2017	10,0958	9,55245	3,15423	14,597	26198,4
Let	Letónia	2018	10,1123	9,81055	3,9045	15,572	27599,7
Let	Letónia	2019	9,7725	10,7949	4,18713	16,2293	28267,4
Let	Letónia	2020	10,6609	11,0815	4,95573	17,3576	27889,9
Let	Letónia	2021	10,7947	11,0461	5,61395	18,6772	30048,1
Lit	Lituânia	2017	9,11578	6,7266	6,1932	14,4311	40486,8
Lit	Lituânia	2018	9,4292	7,41143	7,07163	15,6675	42509,8
Lit	Lituânia	2019	9,61467	8,23137	7,6772	16,6678	44677,3
Lit	Lituânia	2020	9,88035	8,63393	8,24485	17,9101	44987,4
Lit	Lituânia	2021	10,2095	8,79355	8,78053	19,2395	48534,9
Lux	Luxemburgo	2017	12,7812	9,86405	5,53342	15,6536	56944,5
Lux	Luxemburgo	2018	12,7711	10,2378	6,13207	16,6758	57692,4
Lux	Luxemburgo	2019	13,1453	10,5743	6,92023	17,0895	58881,9
Lux	Luxemburgo	2020	13,7175	11,9367	7,52475	18,0193	61154,5
Lux	Luxemburgo	2021	13,8403	13,7984	8,18223	19,2145	65956,6

Country code	country	year	DESI_kh	DESI_conct	DESI_itd	DESI_spd	PIB_pc
Mlt	Malta	2017	12,201	6,51925	7,1167	15,855	11681,9
Mlt	Malta	2018	12,3319	7,16505	7,44763	16,9018	12458,9
Mlt	Malta	2019	13,2873	7,93617	8,46245	17,7597	13433,7
Mlt	Malta	2020	12,5394	10,488	9,68427	18,8066	12375,7
Mlt	Malta	2021	12,4204	11,0748	10,8824	20,0842	13986,8
Pol	Polónia	2017	8,04778	5,13357	3,1675	8,58095	459341,8
Pol	Polónia	2018	8,2007	5,73527	3,64808	9,53835	486358,8
Pol	Polónia	2019	8,47775	6,58887	4,16292	10,5474	508115,2
Pol	Polónia	2020	8,67025	8,11798	4,74097	11,672	484481,8
Pol	Polónia	2021	9,08228	9,5439	5,14038	12,7653	502862,5
Por	Portugal	2017	9,73118	6,73495	6,62698	12,3859	191729,2
Por	Portugal	2018	9,641	7,86552	7,0214	13,3266	198437,2
Por	Portugal	2019	9,98875	8,80615	7,62213	13,8953	206705,8
Por	Portugal	2020	10,65	9,8818	8,02993	14,7848	193588,4
Por	Portugal	2021	11,0256	10,47	8,43255	15,9305	205137
Rchec	República Checa	2017	10,1672	5,5999	5,6998	10,366	188295,7
Rchec	República Checa	2018	10,2782	6,27025	5,99845	11,6468	200733,1
Rchec	República Checa	2019	10,7438	7,30412	6,5001	12,6384	209289
Rchec	República Checa	2020	10,926	7,4073	7,6209	13,5892	193721,2
Rchec	República Checa	2021	11,115	9,41323	8,1295	14,7123	206983,7
Rom	Roménia	2017	6,97318	7,8939	2,67898	1,85309	186399
Rom	Roménia	2018	6,86905	8,43048	2,97215	2,45101	197993,8
Rom	Roménia	2019	6,99318	9,16245	3,25187	2,9576	207284,9
Rom	Roménia	2020	7,1325	10,1318	3,73848	3,72353	199228,9
Rom	Roménia	2021	7,51735	11,461	3,91523	4,54128	208448,9
Sue	Suécia	2017	13,4994	8,98798	8,43882	14,7856	465953,7
Sue	Suécia	2018	13,8907	9,83765	8,91978	16,0955	447748,4
Sue	Suécia	2019	14,1231	10,9733	9,78025	17,0867	445964,2
Sue	Suécia	2020	14,6202	11,93	11,0874	18,1081	446489,3
Sue	Suécia	2021	14,9712	13,5954	12,6186	19,3008	486093,8
EU	União Europeia	2017	10,3846	6,1936	5,4624	11,6754	475736,84
EU	União Europeia	2018	10,453	6,65185	6,13562	12,6797	483945,21
EU	União Europeia	2019	10,7107	7,6491	6,73438	13,5501	494440,7

Country code	country	year	DESI_kh	DESI_conct	DESI_itd	DESI_spd	PIB_pc
EU	União Europeia	2020	10,9909	8,77538	7,32172	14,5772	472303,93
EU	União Europeia	2021	11,162	11,0693	8,1782	15,7901	495985,32

country	edu_pib	saude_	idh	id_pib	n_ipo	gae	lnpib_	n_ipo_pib
Alemanha	4,2	7,1	0,936	3,05	309	0,25586	14,97865	0,096564
Alemanha	4,3	7,2	0,939	3,11	321,6	0,442439	14,98985	0,099382
Alemanha	4,3	7,3	0,947	3,17	322,1	0,438569	15,00706	0,097838
Alemanha	4,7	8,5	0,944	3,13	311,2	0,406645	14,9845	0,096684
Alemanha	4,7	11,02	0,942	3,13	312,3	0,447741	15,00892	0,094685
Austria	4,8	8,2	0,908	3,06	251,1	0,524824	12,78784	0,701711
Austria	4,8	8,2	0,914	3,09	258	0,539601	12,80902	0,705881
Austria	4,8	8,3	0,922	3,13	264,2	0,537336	12,82465	0,711639
Austria	5,1	9,2	0,913	3,2	258,6	0,500001	12,76936	0,736147
Austria	5,1	9,56	0,916	3,19	259,4	0,563695	12,80598	0,711875
Bulgária	3,5	4,8	0,813	0,74	4,5	0,648267	12,96643	0,442253
Bulgária	3,5	5	0,816	0,75	4,4	0,644282	12,97668	0,475457
Bulgária	3,8	4,6	0,816	0,83	5	0,623211	13,00389	0,47463
Bulgária	4	5,9	0,802	0,85	7,8	0,553687	12,95952	0,49075
Bulgária	4	5,35	0,795	0,77	5,8	0,632892	13,01624	0,478365
Bélgica	6,2	7,6	0,916	2,67	189,2	0,826627	10,87067	0,085535
Bélgica	6,2	7,6	0,919	2,86	205,5	0,831455	10,91262	0,080198
Bélgica	6,1	7,5	0,931	3,16	210,8	0,81862	10,97905	0,085277
Bélgica	6,6	8,8	0,928	3,35	208,5	0,793388	10,96824	0,134478
Bélgica	6,6	8,49	0,937	3,22	215,1	0,85647	11,08259	0,089191
Chipre	5,3	2,5	0,869	0,54	57	0,741802	9,9245	2,790739
Chipre	5	2,6	0,873	0,61	56,3	0,744265	9,981624	2,60342
Chipre	5,2	3,5	0,887	0,71	54,4	0,754871	10,04311	2,365547
Chipre	5,9	5,9	0,894	0,84	72,9	0,770496	9,997315	3,318554
Chipre	5,9	6,32	0,896	0,87	49,1	0,804706	10,06758	2,083475
Croácia	4,7	6,3	0,831	0,85	2,4	0,489724	10,81282	0,048335
Croácia	4,7	6,3	0,837	0,95	3,4	0,499341	10,85121	0,065896
Croácia	4,7	6,4	0,851	1,08	4,7	0,509187	10,89679	0,087033
Croácia	5,4	7,3	0,855	1,24	5,7	0,45414	10,7981	0,116498
Croácia	5,4	6,54	0,858	1,24	6,7	0,528131	10,916	0,121707
Dinamarca	6,4	8,3	0,929	2,93	362,4	0,514891	12,58314	1,242796
Dinamarca	6,4	8,3	0,93	2,97	411,7	0,534868	12,60143	1,386275
Dinamarca	6,3	8,3	0,94	2,94	415,4	0,553033	12,61811	1,375601
Dinamarca	6,4	8,9	0,947	2,97	415	0,51655	12,6214	1,369757
Dinamarca	6,4	9,26	0,948	2,81	452,4	0,562124	12,67917	1,409388

country	edu_pib	saude_	idh	id_pib	n_ipo	gae	lnpib_	n_ipo_pib
Eslováquia	3,9	5,5	0,855	0,88	7,5	0,936844	11,33756	0,089376
Eslováquia	3,9	5,5	0,857	0,84	9,4	0,950749	11,37216	0,108209
Eslováquia	4,3	5,7	0,86	0,82	7,7	0,919339	11,39432	0,086697
Eslováquia	4,6	6,3	0,847	0,9	9,9	0,847003	11,36349	0,114957
Eslováquia	4,6	5,84	0,848	0,93	7,7	0,932451	11,38892	0,087166
Eslovénia	5,4	6,6	0,896	1,87	47,4	0,786555	10,65532	1,117463
Eslovénia	5,4	6,6	0,902	1,95	48,2	0,806369	10,70066	1,085952
Eslovénia	5,5	6,7	0,917	2,04	58,4	0,796794	10,74016	1,264792
Eslovénia	5,8	7,9	0,913	2,14	78,5	0,732663	10,71127	1,749951
Eslovénia	5,8	6,89	0,918	2,14	55	0,809918	10,79561	1,126904
Espanha	4	6	0,891	1,21	35,9	0,333467	13,94932	0,031404
Espanha	4	6	0,893	1,24	38,1	0,338041	13,96703	0,032743
Espanha	4	6,1	0,904	1,25	40	0,334896	13,99334	0,033483
Espanha	4,6	7,6	0,899	1,41	37,9	0,298843	13,88869	0,035226
Espanha	4,6	7,85	0,905	1,43	41,2	0,341649	13,93549	0,036542
Estónia	5,7	5,2	0,871	1,28	41	0,737818	10,03502	1,797331
Estónia	6,2	5,5	0,882	1,41	35,6	0,731701	10,08582	1,483321
Estónia	6,1	5,7	0,892	1,63	36,2	0,719684	10,13167	1,440716
Estónia	6,6	6,7	0,892	1,75	42,9	0,709348	10,12718	1,71506
Estónia	6,6	5,86	0,89	1,75	51,9	0,804381	10,21867	1,893463
Finlândia	5,6	7	0,92	2,73	326,2	0,375257	12,3174	1,459173
Finlândia	5,5	7,1	0,925	2,76	313,3	0,390961	12,33686	1,37445
Finlândia	5,6	7,1	0,938	2,8	308,8	0,398043	12,35263	1,333518
Finlândia	5,9	7,7	0,938	2,91	343,4	0,35639	12,34116	1,500043
Finlândia	5,9	7,54	0,94	2,98	381,5	0,388157	12,37588	1,609605
França	5,4	8,1	0,901	2,2	158,7	0,326053	14,63263	0,070098
França	5,3	8	0,891	2,2	155,9	0,334012	14,6402	0,068342
França	5,2	8	0,901	2,19	151,9	0,33211	14,65823	0,065399
França	5,5	9	0,898	2,3	157,1	0,297778	14,59942	0,071735
França	5,5	10,34	0,903	2,21	155,7	0,320209	14,65816	0,06704
Grécia	3,9	5,5	0,87	1,15	9,5	0,353848	12,07192	0,054319
Grécia	4,1	5,6	0,872	1,21	11,2	0,396109	12,07904	0,063586
Grécia	4	5,7	0,888	1,27	13,2	0,400842	12,09486	0,073764
Grécia	4,5	6,7	0,886	1,51	12,6	0,346227	12,00453	0,077068
Grécia	4,5	5,88	0,887	1,45	18,5	0,439736	12,09262	0,103612

country	edu_pib	saude_	idh	id_pib	n_ipo	gae	lnpib_	n_ipo_pib
Holanda	5,1	7,3	0,931	2,18	411,1	0,780141	13,49799	0,564733
Holanda	5,1	7,3	0,933	2,14	414,5	0,794116	13,52956	0,551712
Holanda	5	7,4	0,944	2,18	400,2	0,776353	13,55236	0,520668
Holanda	5,3	8	0,939	2,32	366,1	0,726523	13,52074	0,491608
Holanda	5,3	9,47	0,941	2,26	376,6	0,780966	13,56531	0,483659
Hungria	5,1	4,7	0,838	1,32	9,7	0,824865	11,72413	0,078532
Hungria	5	4,6	0,845	1,51	12,1	0,816101	11,76405	0,094129
Hungria	4,7	4,5	0,854	1,47	9,9	0,806178	11,80457	0,073956
Hungria	4,7	6,4	0,849	1,59	11,2	0,779735	11,71021	0,091947
Hungria	4,7	5,3	0,846	1,65	12,1	0,809323	11,76885	0,093678
Irlanda	3,3	4,9	0,938	1,25	137,3	1,10075	12,60305	0,461566
Irlanda	3,2	4,8	0,942	1,17	169,7	1,08653	12,68862	0,523702
Irlanda	3,1	4,7	0,955	1,23	178,8	1,26167	12,76781	0,509776
Irlanda	3,1	5,4	0,943	1,23	196,6	1,19976	12,81697	0,533637
Irlanda	3,1	5,28	0,945	1,06	191	1,14699	12,92749	0,464189
Itália	3,9	6,8	0,88	1,37	72	0,292937	14,35452	0,041999
Itália	3,9	6,8	0,883	1,42	72,9	0,301657	14,36258	0,042183
Itália	3,9	6,8	0,892	1,46	74,8	0,299552	14,36993	0,042965
Itália	4,3	7,9	0,889	1,51	77,7	0,27704	14,29314	0,048193
Itália	4,3	7,15	0,895	1,49	83	0,315272	14,34449	0,048904
Letónia	5,8	3,5	0,847	0,51	7,2	0,61895	10,17345	0,274826
Letónia	5,8	4	0,854	0,64	6,8	0,618294	10,22556	0,246379
Letónia	5,7	4,2	0,866	0,64	11,5	0,601882	10,24946	0,406829
Letónia	5,9	4,8	0,871	0,69	15,8	0,598521	10,23602	0,566513
Letónia	5,9	4,74	0,863	0,69	11,6	0,651119	10,31055	0,386048
Lituânia	4,5	4,6	0,858	0,9	8,5	0,724367	10,60873	0,209945
Lituânia	4,5	4,8	0,869	0,94	13,2	0,742961	10,65749	0,310517
Lituânia	4,6	5,1	0,882	0,99	10,4	0,746843	10,70722	0,23278
Lituânia	5,2	5,9	0,879	1,16	17,9	0,688586	10,71414	0,397889
Lituânia	5,2	5,51	0,875	1,11	26,1	0,782845	10,79004	0,537757
Luxemburgo	4,4	5	0,904	1,24	893,8	1,74508	10,94983	15,69598
Luxemburgo	4,6	5,1	0,909	1,17	708,9	1,78436	10,96288	12,28758
Luxemburgo	4,8	5,2	0,916	1,18	669,4	1,86854	10,98329	11,36852
Luxemburgo	5	5,9	0,924	1,06	637,7	1,82933	11,02116	10,42769
Luxemburgo	5	4,95	0,93	1,02	677,5	1,83	11,09675	10,27191

country	edu_pib	saude_	idh	id_pib	n_ipo	gae	lnpib_	n_ipo_pib
Malta	4,6	5,1	0,878	0,55	147,4	1,33102	9,365796	12,61781
Malta	5	5,1	0,885	0,58	105,2	1,25099	9,430191	8,443763
Malta	5,1	5,2	0,895	0,56	115,1	1,25178	9,505522	8,568004
Malta	5,9	7,2	0,911	0,65	122,3	1,26969	9,42349	9,882269
Malta	5,9	5,47	0,918	0,63	98,8	1,24129	9,545869	7,063803
Polónia	4,9	4,7	0,865	1,04	11,7	0,523001	13,03755	0,025471
Polónia	5	4,8	0,872	1,21	13,7	0,537046	13,0947	0,028169
Polónia	5	4,9	0,88	1,32	12,2	0,530327	13,13846	0,02401
Polónia	5,2	5,4	0,876	1,39	12,6	0,525031	13,09084	0,026007
Polónia	5,2	4,79	0,876	1,44	14,2	0,584251	13,12807	0,028238
Portugal	4,6	6,2	0,847	1,32	14,6	0,422134	12,16384	0,076149
Portugal	4,4	6,5	0,85	1,35	21,5	0,432265	12,19823	0,108347
Portugal	4,5	6,5	0,864	1,4	26,4	0,433118	12,23905	0,127718
Portugal	5	7,2	0,863	1,61	24,4	0,381655	12,17349	0,126041
Portugal	5	7,17	0,866	1,66	27,8	0,435101	12,23143	0,135519
República Checa	4,1	7,4	0,888	1,77	19,4	0,752996	12,14577	0,103029
República Checa	4,6	7,5	0,891	1,9	23,3	0,739803	12,20973	0,116075
República Checa	4,9	7,6	0,9	1,93	19	0,70887	12,25147	0,090784
República Checa	5,1	9,2	0,892	1,99	19,3	0,668046	12,17418	0,099628
República Checa	5,1	8,1	0,889	2	19	0,710385	12,2404	0,091795
Roménia	2,8	4,3	0,811	0,51	2,7	0,432442	12,13564	0,014485
Roménia	3,2	4,7	0,816	0,5	2,6	0,435675	12,19599	0,013132
Roménia	3,6	5	0,828	0,48	2,1	0,424402	12,24185	0,010131
Roménia	3,7	5,5	0,824	0,47	2,9	0,393154	12,20221	0,014556
Roménia	3,7	5,04	0,821	0,48	1,6	0,43669	12,24745	0,007676
Suécia	6,7	6,8	0,933	3,36	376,1	0,424316	13,05184	0,807162
Suécia	6,9	7	0,937	3,32	398,5	0,446184	13,01199	0,890009
Suécia	6,9	7	0,945	3,39	427,6	0,459785	13,00799	0,958821
Suécia	7	7,3	0,942	3,49	427,1	0,286406	13,00917	0,956574
Suécia	7	9,79	0,947	3,36	477,3	0,443852	13,09416	0,981909
União Europeia	4,8	5,9	0,882	1,573333	144,9	0,660179	13,07262	0,30458
União Europeia	4,8	6	0,886519	1,615926	142,1	0,672969	13,08973	0,293628
União Europeia	4,9	6,1	0,897	1,675926	142,6	0,677994	13,11118	0,288407

country	edu_pib	saude_	idh	id_pib	n_ipo	gae	lnpib_	n_ipo_pib
União Europeia	5,2	7,1	0,895	1,765185	144,2	0,637283	13,06538	0,305312
União Europeia	5,2	7,2	0,896	1,846296	149,2	0,62	13,1143	0,300815

(Fonte: Stata.)

Tabelas

A 8 - Estatística Descritiva

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
countrycode	0				
country	0				
year	140	2019	1.419292	2017	2021
desi_kh	140	11.25238	2.267894	6.86905	17.6315
desi_conct	140	8.446726	2.442382	3.168	18.02897
desi_itd	140	6.992142	2.334829	2.52977	13.35255
desi_spd	140	13.77592	3.923205	1.85309	21.56435
pib_pc	140	484482.4	744086.3	11681.9	3298306
edu_pib	140	4.985	.9158025	2.8	7
saude_pib	140	6.441429	1.543939	2.5	11.02
idh	140	.891318	.0373227	.795	.955
id_pib	140	1.675976	.8671277	.47	3.49
n_ipo	140	144.6036	177.0106	1.6	893.8
gae	140	.6669732	.3268347	.25586	1.868535
cntry	140	14.5	8.106752	1	28
lnpib_pc2015	140	12.14453	1.439408	9.365796	15.00892
n_ipo_pib	140	1.242206	2.770407	.0076757	15.69598

(Fonte: Stata.)

A 9 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos).

```

Fixed-effects (within) regression           Number of obs   =       140
Group variable: centry                     Number of groups =        28

R-squared:                                 Obs per group:
  Within = 0.6076                          min =          5
  Between = 0.0248                         avg =         5.0
  Overall = 0.0266                          max =          5

corr(u_i, Xb) = -0.9043                    F(7,105)       =       23.22
                                           Prob > F       =       0.0000
    
```

desi_kh	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.3023017	.1482362	2.04	0.044	.0083766	.5962268
saude_pib	.1011267	.0468751	2.16	0.033	.008182	.1940713
idh	-.4016724	4.778315	-0.08	0.933	-9.876189	9.072844
gae	-.3860118	.8065978	-0.48	0.633	-1.985346	1.213323
lnpib_pc2015	3.01472	.6933279	4.35	0.000	1.639979	4.389461
id_pib	1.294809	.3327226	3.89	0.000	.6350814	1.954536
n_ipo_pib	-.0172643	.0539787	-0.32	0.750	-.1242942	.0897655
_cons	-29.05148	7.460363	-3.89	0.000	-43.84401	-14.25896
sigma_u	5.2874641					
sigma_e	.28302261					
rho	.99714304	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(27, 105) = 123.61 Prob > F = 0.0000

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 10 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos).

```

Fixed-effects (within) regression           Number of obs   =       140
Group variable: centry                     Number of groups =        28

R-squared:                                Obs per group:
  Within = 0.6271                          min =           5
  Between = 0.0222                         avg =           5.0
  Overall = 0.0207                          max =           5

corr(u_i, Xb) = -0.9936                    F(7,105)        =       25.23
                                           Prob > F         =       0.0000
    
```

desi_conct	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	1.12526	.6519782	1.73	0.087	-.1674921	2.418013
saude_pib	1.184823	.2061678	5.75	0.000	.7760307	1.593616
idh	15.77685	21.01617	0.75	0.455	-25.89433	57.44802
gae	2.244127	3.547609	0.63	0.528	-4.790125	9.27838
lnpib_pc2015	12.94835	3.049421	4.25	0.000	6.901907	18.99478
id_pib	.4784452	1.463393	0.33	0.744	-2.423193	3.380084
n_ipo_pib	.0000605	.2374112	0.00	1.000	-.4706821	.4708031
_cons	-178.4071	32.81245	-5.44	0.000	-243.4681	-113.3461
sigma_u	19.439006					
sigma_e	1.2448007					
rho	.99591611	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(27, 105) = 9.28 Prob > F = 0.0000

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 11 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).

```
Fixed-effects (within) regression       Number of obs   =    140
Group variable:  cntry                  Number of groups =     28

R-squared:                                Obs per group:
  Within = 0.7385                          min       =     5
  Between = 0.0365                          avg       =    5.0
  Overall  = 0.0395                          max       =     5

corr(u_i, Xb) = -0.9822                    F(7,105)        =    42.36
                                               Prob > F        =    0.0000
```

desi_itd	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
edu_pib	.7810392	.3159591	2.47	0.015	.1545506 1.407528
saude_pib	.4881929	.0999122	4.89	0.000	.2900854 .6863004
idh	30.62215	10.18477	3.01	0.003	10.42763 50.81668
gae	.0722171	1.719228	0.04	0.967	-3.336695 3.481129
lnpib_pc2015	7.745904	1.477798	5.24	0.000	4.815702 10.6761
id_pib	.7294146	.7091839	1.03	0.306	-.6767662 2.135595
n_ipo_pib	.0148418	.1150533	0.13	0.898	-.2132877 .2429712
_cons	-122.6995	15.90144	-7.72	0.000	-154.2291 -91.16987
<hr/>					
sigma_u	12.025388				
sigma_e	.60325046				
rho	.99748982	(fraction of variance due to u_i)			

F test that all u_i=0: F(27, 105) = 17.08 Prob > F = 0.0000

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 12 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   140
Group variable: cuntry                 Number of groups =    28

R-squared:                             Obs per group:
  Within = 0.7901                       min =          5
  Between = 0.0001                       avg =          5.0
  Overall = 0.0002                       max =          5

corr(u_i, Xb) = -0.9808                 F(7,105)        =   56.48
                                          Prob > F         =   0.0000
    
```

desi_spd	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	1.301803	.3990728	3.26	0.001	.510515	2.09309
saude_pib	.7235979	.1261943	5.73	0.000	.4733778	.973818
idh	9.376289	12.8639	0.73	0.468	-16.13044	34.88302
gae	.5989066	2.171475	0.28	0.783	-3.706726	4.90454
lnpib_pc2015	12.36225	1.866536	6.62	0.000	8.661252	16.06324
id_pib	2.838682	.8957361	3.17	0.002	1.062603	4.614761
n_ipo_pib	-.0281713	.1453183	-0.19	0.847	-.3163106	.2599681
_cons	-160.9875	20.08435	-8.02	0.000	-200.8111	-121.164
sigma_u	20.132173					
sigma_e	.76193664					
rho	.99856967	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(27, 105) = 52.62 Prob > F = 0.0000

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 13 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos aleatórios).

```

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       140
Group variable: centry                 Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.5321                        min =           5
  Between = 0.4774                       avg =          5.0
  Overall = 0.4790                       max =           5

corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Wald chi2(7)    =       144.71
                                          Prob > chi2     =        0.0000
    
```

desi_kh	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
edu_pib	.4362897	.1497571	2.91	0.004	.1427711	.7298083
saude_pib	.0708699	.0490296	1.45	0.148	-.0252263	.166966
idh	11.38167	4.536547	2.51	0.012	2.490197	20.27313
gae	1.243191	.6952259	1.79	0.074	-.1194266	2.605809
lnpib_pc2015	.1547596	.2475395	0.63	0.532	-.330409	.6399282
id_pib	.9766522	.3055694	3.20	0.001	.3777471	1.575557
n_ipo_pib	.0165812	.0527131	0.31	0.753	-.0867346	.119897
_cons	-5.889808	4.355783	-1.35	0.176	-14.42699	2.647369
sigma_u	1.6028022					
sigma_e	.28302261					
rho	.96976237	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 14 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos aleatórios).

```

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       140
Group variable: centry                Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.5221                        min =           5
  Between = 0.2312                       avg =           5.0
  Overall = 0.3211                       max =           5

corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Wald chi2(7)    =       112.77
                                          Prob > chi2     =        0.0000
    
```

desi_conct	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
edu_pib	1.932137	.4649815	4.16	0.000	1.02079	2.843484
saude_pib	1.120555	.1894995	5.91	0.000	.7491426	1.491967
idh	19.70851	12.98286	1.52	0.129	-5.737418	45.15445
gae	3.611435	1.639802	2.20	0.028	.3974809	6.825388
lnpib_pc2015	.8469282	.3793004	2.23	0.026	.103513	1.590343
id_pib	-2.48011	.666237	-3.72	0.000	-3.78591	-1.174309
n_ipo_pib	-.1235561	.1463637	-0.84	0.399	-.4104236	.1633115
_cons	-34.35369	10.36799	-3.31	0.001	-54.67458	-14.0328
sigma_u	1.5090899					
sigma_e	1.2448007					
rho	.59509359	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A.15 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos aleatórios).

```

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       140
Group variable: cuntry                Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.6445                        min =           5
  Between = 0.7174                       avg =          5.0
  Overall = 0.6970                       max =           5

corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Wald chi2(7)    =       243.29
                                           Prob > chi2     =       0.0000
    
```

desi_itd	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
edu_pib	.8472419	.2747766	3.08	0.002	.3086897	1.385794
saude_pib	.5449377	.1005417	5.42	0.000	.3478795	.7419959
idh	50.93991	7.964467	6.40	0.000	35.32984	66.54997
gae	.920133	1.04935	0.88	0.381	-1.136556	2.976822
lnpib_pc2015	-.0271617	.2594156	-0.10	0.917	-.5356069	.4812835
id_pib	-.8318287	.4310782	-1.93	0.054	-1.676727	.0130691
n_ipo_pib	-.0838224	.0883951	-0.95	0.343	-.2570737	.0894289
_cons	-44.93078	6.482392	-6.93	0.000	-57.63604	-32.22552
sigma_u	1.1728575					
sigma_e	.60325046					
rho	.79079626	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 16 - Regressão Linear Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos aleatórios).

```

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       140
Group variable: cuntry                 Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.6854                          min =           5
  Between = 0.4779                         avg =          5.0
  Overall = 0.4942                         max =           5

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(7)    =       250.05
                                           Prob > chi2     =       0.0000
    
```

desi_spd	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
edu_pib	2.063897	.4248511	4.86	0.000	1.231204	2.89659
saude_pib	.6593706	.1431036	4.61	0.000	.3788926	.9398485
idh	45.9972	12.71357	3.62	0.000	21.07906	70.91535
gae	4.883541	1.831602	2.67	0.008	1.293667	8.473415
lnpib_pc2015	.5419355	.5381741	1.01	0.314	-.5128664	1.596737
id_pib	.0754455	.7863853	0.10	0.924	-1.465841	1.616732
n_ipo_pib	.0084792	.1440349	0.06	0.953	-.273824	.2907824
_cons	-51.73374	11.1897	-4.62	0.000	-73.66515	-29.80234
sigma_u	2.753788					
sigma_e	.76193664					
rho	.92888843	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 17 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_kh (efeitos fixos).

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe	(B) re		
edu_pib	.3023017	.4362897	-.133988	.
saude_pib	.1011267	.0708699	.0302568	.
idh	-.4016724	11.38167	-11.78334	1.500679
gae	-.3860118	1.243191	-1.629203	.4089755
lnpib_pc2015	3.01472	.1547596	2.85996	.6476324
id_pib	1.294809	.9766522	.3181568	.1316499
n_ipo_pib	-.0172643	.0165812	-.0338455	.0116202

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(7) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 12.92$$

Prob > chi2 = **0.0742**

(V_b-V_B is not positive definite)

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 18 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_conct (efeitos fixos).

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe	(B) re		
edu_pib	1.12526	1.932137	-.8068769	.4570205
saude_pib	1.184823	1.120555	.0642686	.0812103
idh	15.77685	19.70851	-3.931666	16.52648
gae	2.244127	3.611435	-1.367307	3.145882
lnpib_pc2015	12.94835	.8469282	12.10142	3.025739
id_pib	.4784452	-2.48011	2.958555	1.302938
n_ipo_pib	.0000605	-.1235561	.1236166	.1869272

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(7) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 28.43$$

Prob > chi2 = **0.0002**

(V_b-V_B is not positive definite)

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 19 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).

	— Coefficients —		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe	(B) re		
edu_pib	.7810392	.8472419	-.0662026	.1559744
saude_pib	.4881929	.5449377	-.0567448	.
idh	30.62215	50.93991	-20.31775	6.347981
gae	.0722171	.920133	-.8479158	1.361841
lnpib_pc2015	7.745904	-.0271617	7.773065	1.454851
id_pib	.7294146	-.8318287	1.561243	.5631282
n_ipo_pib	.0148418	-.0838224	.0986642	.0736448

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

chi2(7) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
 = 42.21
 Prob > chi2 = 0.0000
 (V_b-V_B is not positive definite)

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 20 – Teste Hausman. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).

	— Coefficients —		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe	(B) re		
edu_pib	1.301803	2.063897	-.7620946	.
saude_pib	.7235979	.6593706	.0642273	.
idh	9.376289	45.9972	-36.62091	1.960838
gae	.5989066	4.883541	-4.284635	1.16642
lnpib_pc2015	12.36225	.5419355	11.82031	1.787268
id_pib	2.838682	.0754455	2.763237	.4288839
n_ipo_pib	-.0281713	.0084792	-.0366505	.0192707

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

chi2(7) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
 = 76.72
 Prob > chi2 = 0.0000
 (V_b-V_B is not positive definite)

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 21 - Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos).

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	140
Model	.197573821	7	.028224832	F(7, 132)	=	3.61
Residual	1.03241995	132	.007821363	Prob > F	=	0.0014
Total	1.22999377	139	.008848876	R-squared	=	0.1606
				Adj R-squared	=	0.1161
				Root MSE	=	.08844

uhat2	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.0305875	.0138372	2.21	0.029	.0032161	.0579589
saude_pib	-.0003662	.0080709	-0.05	0.964	-.0163313	.0155988
idh	.5652813	.34957	1.62	0.108	-.1262027	1.256765
gae	-.0328243	.0437588	-0.75	0.455	-.1193836	.0537349
lnpib_pc2015	-.0010401	.0094733	-0.11	0.913	-.0197793	.0176991
id_pib	-.0383433	.0198269	-1.93	0.055	-.0775628	.0008762
n_ipo_pib	.0074703	.0043295	1.73	0.087	-.0010939	.0160345
_cons	-.5043808	.2903795	-1.74	0.085	-1.07878	.0700186

```

.
. *(Teste LM)
. dis 0.1606*140
22.484

. ***Valor critico qui-quadrada (J termos=8) a 95% é 15,51
. ** como teste 22,484 > VC= 15,51 há heteroscedasticidade
. *** temos de corrigir heteroscedasticidade no DESI_kh FE
.

```

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 22 - Regressão Linear - Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos).

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	140
Model	28.3466794	7	4.04952563	F(7, 132)	=	0.90
Residual	597.05346	132	4.52313227	Prob > F	=	0.5123
				R-squared	=	0.0453
				Adj R-squared	=	-0.0053
Total	625.400139	139	4.49928158	Root MSE	=	2.1268

uhat2_a	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.4590218	.332757	1.38	0.170	-.1992043	1.117248
saude_pib	.1974907	.1940888	1.02	0.311	-.1864362	.5814176
idh	8.175821	8.406449	0.97	0.333	-8.452965	24.80461
gae	.3346889	1.05231	0.32	0.751	-1.746885	2.416262
lnpib_pc2015	.0984084	.2278147	0.43	0.666	-.3522315	.5490483
id_pib	-.6223661	.4767956	-1.31	0.194	-1.565515	.3207827
n_ipo_pib	-.0914795	.1041157	-0.88	0.381	-.2974306	.1144715
_cons	-9.947101	6.983038	-1.42	0.157	-23.76024	3.866038

```
.
. *(Teste LM) *** Valor critico qui-quadrada (J termos=8) a 95% é 15,51 ** Confir
. dis 0.0453*140
6.342
```

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 23 - Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos).

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	140
Model	4.93994215	7	.705706022	F(7, 132)	=	3.03
Residual	30.7302913	132	.232805237	Prob > F	=	0.0055
				R-squared	=	0.1385
				Adj R-squared	=	0.0928
Total	35.6702334	139	.256620384	Root MSE	=	.4825

uhat2_b	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.0539559	.0754925	0.71	0.476	-.0953758	.2032875
saude_pib	-.0184718	.0440329	-0.42	0.676	-.1055733	.0686296
idh	3.534133	1.907169	1.85	0.066	-.2384372	7.306702
gae	-.7528051	.2387374	-3.15	0.002	-1.225051	-.2805589
lnpib_pc2015	-.0203411	.0516843	-0.39	0.695	-.1225777	.0818955
id_pib	-.0299664	.1081705	-0.28	0.782	-.2439384	.1840056
n_ipo_pib	.0481737	.0236207	2.04	0.043	.0014496	.0948978
_cons	-2.287572	1.584241	-1.44	0.151	-5.421357	.8462121

```

.
. *(Teste LM)
. dis 0.1385*140
19.39

```

```

.
. ** como 19,39>15,51 há heteroscedasticidade
. *** temos de corrigir heteroscedasticidade no DESI_itd FE

```

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 24- Regressão Linear – Teste de Heteroscedasticidade. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos).

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	140
Model	4.52339465	7	.646199236	F(7, 132)	=	1.85
Residual	46.1174392	132	.34937454	Prob > F	=	0.0830
				R-squared	=	0.0893
				Adj R-squared	=	0.0410
Total	50.6408339	139	.364322546	Root MSE	=	.59108

uhat2_c	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.2199218	.0924811	2.38	0.019	.036985	.4028586
saude_pib	-.0544642	.0539419	-1.01	0.314	-.1611667	.0522383
idh	-1.989207	2.336353	-0.85	0.396	-6.610745	2.632331
gae	-.0521399	.2924622	-0.18	0.859	-.630659	.5263793
lnpib_pc2015	.1125664	.0633151	1.78	0.078	-.0126772	.2378101
id_pib	.0660975	.1325129	0.50	0.619	-.1960262	.3282211
n_ipo_pib	.0186048	.0289362	0.64	0.521	-.038634	.0758435
_cons	-.0032355	1.940754	-0.00	0.999	-3.842238	3.835767

```
.
. *(Teste LM)
. dis 0.0893*140
12.502
```

```
.
. ** como 12,502<15,51 não há heteroscedasticidade
Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)
```

A 25 - Regressão Linear – Teste de Autocorrelação (efeitos fixos).

```
Wooldridge test for autocorrelation in panel data
H0: no first order autocorrelation
F( 1, 27) = 34.305
Prob > F = 0.0000
```

Variável Explicada: DESI_kh. Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 26 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_kh. (efeitos fixos) - corrigida

```

Fixed-effects (within) regression           Number of obs   =       140
Group variable: centry                     Number of groups =        28

R-squared:                                 Obs per group:
  Within = 0.6076                          min =          5
  Between = 0.0248                         avg =          5.0
  Overall = 0.0266                         max =          5

corr(u_i, Xb) = -0.9043                    F(7,27)         =       15.88
                                           Prob > F        =       0.0000
    
```

(Std. err. adjusted for 28 clusters in centry)

desi_kh	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.3023017	.1997942	1.51	0.142	-.1076421	.7122455
saude_pib	.1011267	.0728155	1.39	0.176	-.0482785	.2505318
idh	-.4016724	6.468422	-0.06	0.951	-13.67378	12.87043
gae	-.3860118	.709904	-0.54	0.591	-1.842615	1.070591
lnpib_pc2015	3.01472	.6024173	5.00	0.000	1.778662	4.250778
id_pib	1.294809	.3980621	3.25	0.003	.478053	2.111565
n_ipo_pib	-.0172643	.0616163	-0.28	0.781	-.1436905	.1091619
_cons	-29.05148	6.267048	-4.64	0.000	-41.9104	-16.19256
sigma_u	5.2874641					
sigma_e	.28302261					
rho	.99714304	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 27 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_conct. (efeitos fixos) - corrigida

```

FE (within) regression with AR(1) disturbances   Number of obs   =   112
Group variable: centry                        Number of groups =   28

R-squared:                                     Obs per group:
  Within = 0.4470                               min =   4
  Between = 0.0285                              avg =  4.0
  Overall = 0.0208                              max =   4

corr(u_i, Xb) = -0.9975                        F(7,77)         =   8.89
                                                    Prob > F        =  0.0000
    
```

desi_conct	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	2.431976	.8761954	2.78	0.007	.6872486	4.176704
saude_pib	.860554	.2217172	3.88	0.000	.4190587	1.302049
idh	-1.660139	23.44484	-0.07	0.944	-48.34479	45.02451
gae	1.558788	3.313495	0.47	0.639	-5.039223	8.156799
lnpib_pc2015	21.38043	4.086913	5.23	0.000	13.24235	29.51852
id_pib	.3052593	2.420019	0.13	0.900	-4.513614	5.124133
n_ipo_pib	-.1018177	.3485368	-0.29	0.771	-.7958433	.5922078
_cons	-268.7429	22.16148	-12.13	0.000	-312.872	-224.6137
rho_ar	.55684583					
sigma_u	30.849317					
sigma_e	1.1048093					
rho_fov	.99871907	(fraction of variance because of u_i)				

F test that all u_i=0: F(27,77) = **2.79** Prob > F = **0.0002**

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 28 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_itd. (efeitos fixos) - corrigida

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =    140
Group variable: centry              Number of groups =    28

R-squared:                            Obs per group:
    Within = 0.7385                    min =          5
    Between = 0.0365                   avg =         5.0
    Overall = 0.0395                    max =          5

corr(u_i, Xb) = -0.9822                F(7,27)         =    39.55
                                           Prob > F         =    0.0000
    
```

(Std. err. adjusted for 28 clusters in **centry**)

desi_itd	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	.7810392	.3040282	2.57	0.016	.1572248	1.404854
saude_pib	.4881929	.1607375	3.04	0.005	.1583868	.817999
idh	30.62215	13.58971	2.25	0.033	2.738366	58.50594
gae	.0722171	1.782031	0.04	0.968	-3.584208	3.728643
lnpib_pc2015	7.745904	1.331742	5.82	0.000	5.013394	10.47841
id_pib	.7294146	.8601348	0.85	0.404	-1.035436	2.494265
n_ipo_pib	.0148418	.0979492	0.15	0.881	-.1861333	.2158169
_cons	-122.6995	17.72181	-6.92	0.000	-159.0616	-86.33735
sigma_u	12.025388					
sigma_e	.60325046					
rho	.99748982	(fraction of variance due to u_i)				

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)

A 29 - Regressão Linear. Variável Explicada: DESI_spd. (efeitos fixos) – corrigida

```

FE (within) regression with AR(1) disturbances   Number of obs   =   112
Group variable: cny                          Number of groups =   28

R-squared:                                     Obs per group:
  Within = 0.5351                               min =   4
  Between = 0.0082                             avg =  4.0
  Overall = 0.0059                             max =   4

corr(u_i, Xb) = -0.9655                        F(7,77)         =   12.66
                                                    Prob > F        =   0.0000
    
```

desi_spd	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
edu_pib	1.308393	.2802785	4.67	0.000	.7502877	1.866499
saude_pib	.2327793	.0738975	3.15	0.002	.0856305	.379928
idh	-26.72117	7.532734	-3.55	0.001	-41.72076	-11.72158
gae	.7823894	1.010229	0.77	0.441	-1.229234	2.794013
lnpib_pc2015	9.609413	1.40629	6.83	0.000	6.809132	12.40969
id_pib	.6794339	.7948939	0.85	0.395	-.9034021	2.26227
n_ipo_pib	.0158074	.100261	0.16	0.875	-.1838377	.2154525
_cons	-87.07161	5.633785	-15.46	0.000	-98.28991	-75.85331
rho_ar	.68584292					
sigma_u	14.530562					
sigma_e	.36179111					
rho_fov	.99938044	(fraction of variance because of u_i)				

F test that all u_i=0: F(27,77) = **27.76** Prob > F = **0.0000**

Variáveis explicativas: edu_pib, saude_pib, idh, gae, lnpib_pc2015, id_pib, n_ipo_pib (Fonte: Stata.)