





FEUC FACULDADE DE ECONOMIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Joana Inês Amorim Neves

# **Portugal e a Quarta Revolução Industrial: educação, emprego e crescimento económico**

Trabalho de Projeto do Mestrado em Economia, na especialidade em Economia do Crescimento e das Políticas Estruturais, apresentado à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Mestre

Orientado por: Doutora Marta Simões

Coimbra, 2018

Fontes das imagens da capa: <https://www.iicv.net/blog/industria-4-0-una-oportunidad-local/> e <http://lisbonsurfconnection.com/page-fullwidth/?lang=pt-pt> [consultadas a 26/06/2018]

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Professora Doutora Marta Simões, pela total disponibilidade, dedicação e partilha de conhecimentos e sugestões, fundamentais para a elaboração deste trabalho de projeto.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e irmão, pelo apoio incondicional, incentivo, carinho e paciência, e por serem para mim um exemplo diário de esforço, coragem e humildade.

A todos os meus amigos, aos que o são desde sempre e aos que tive o privilégio de conhecer durante o meu percurso académico, em especial à Rita, ao Rui e à Carolina, pela amizade, preocupação e paciência. Um agradecimento muito especial ao Marco, pelo amor, carinho, ajuda e incentivo, essenciais para mim durante a elaboração deste trabalho de projeto.

## **Resumo**

O presente trabalho de projeto tem como principal objetivo analisar a relação existente entre emprego, educação e crescimento económico em Portugal no contexto da Quarta Revolução Industrial. A análise de um conjunto de indicadores relativos ao desempenho de Portugal em termos de emprego setorial e educação nas últimas duas décadas permite constatar que o emprego nos setores da indústria e da construção decresceu consideravelmente, ao passo que o emprego nos diversos ramos de atividade relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial aumentou, encontrando-se assim a evolução do emprego em Portugal em linha com o presumido pela literatura relevante. Ao mesmo tempo, verifica-se uma melhoria significativa das qualificações da população, embora Portugal continue hoje a ser um país com uma elevada percentagem de população pouco qualificada. Os resultados da estimação de um modelo empírico para Portugal, construído com o intuito de identificar a relação existente entre indicadores de emprego e educação relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial e a taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*, apontam para um impacto negativo ou inexistente do emprego nos ramos de atividade relevantes, para um impacto positivo do ensino secundário e para a inexistência de impacto do ensino superior e da despesa pública em educação em percentagem do PIB. Já os resultados da estimação do modelo com dados em painel para os países da UE15, construído com o mesmo objetivo, indicam que o emprego em dois dos quatro ramos de atividade relevantes apresenta um impacto positivo na taxa de crescimento anual do PIB real *per capita* (sendo eles, o emprego nas atividades profissionais, técnicas, científicas e atividades de serviços administrativos e o emprego nas atividades de saúde humana e apoio social), embora não se verifique qualquer impacto dos indicadores de educação. Assim, Portugal parece ter ainda um longo caminho a percorrer para poder beneficiar da Quarta Revolução Industrial, precisando para isso de apostar continuamente na qualificação dos atuais e futuros trabalhadores, para que estes encontrem emprego em setores de atividade económica novos e em expansão, abandonando os setores que se encontram em declínio devido aos progressos, por exemplo, na automação e na inteligência artificial.

**Palavras-chave:** Quarta Revolução Industrial, emprego, educação, crescimento económico, Portugal

**Classificação JEL:** I21, J21, J24, O40

## **Abstract**

The main goal of this master's project is to analyse the relationship between employment, education and economic growth in Portugal in the context of the Fourth Industrial Revolution. The analysis of a set of indicators related to the performance of Portugal in terms of sectoral employment and education over the last two decades allows us to see that the employment in the manufacturing and construction sectors declined significantly, while the employment in the different sectors of activity relevant in the context of the Fourth Industrial Revolution increased, which means that the evolution of employment in Portugal followed the predictions of the relevant literature. At the same time, we verify that, although Portugal continues to have a large percentage of low-skilled population, there was a significant improvement in the qualifications of the population. The results of the estimation of an empirical model for Portugal, which was built to identify the relationship between some indicators of employment and education relevant in the context of the Fourth Industrial Revolution and the growth rate of real per capita GDP, point to: a negative or nonexistent impact of employment, a positive impact of secondary education, and a nonexistent impact of tertiary education and government expenditure on education in percentage of GDP. In addition, the results of the estimation of the model with panel data for the EU15, which was built with the same purpose as the previous one, indicate that the employment in two of the four sectors of activity presents a positive impact on the growth rate of real per capita GDP (the employment in professional, scientific, technical, administrative and support service activities and the employment in health and social work activities), even though the indicators of education do not present any significant impact. Overall, it appears that Portugal still has a long path to go to benefit from the Fourth Industrial Revolution, and to do so Portugal needs to invest continually in more current and future skilled workers allowing them to find a job in new and expanding sectors of activity and leaving the sectors whose employment is declining due to, for instance, automation and artificial intelligence.

**Keywords:** Fourth Industrial Revolution, employment, education, economic growth, Portugal

**JEL Classification:** I21, J21, J24, O40

## Índice

1. Introdução .....	1
2. Educação, emprego e crescimento económico no contexto da Quarta Revolução Industrial: breve revisão da literatura .....	3
2.1. Emprego .....	3
2.2. Educação .....	6
2.3. Crescimento económico .....	7
2.4. Mapeamento de competências, empregos e setores de atividade associados à Quarta Revolução Industrial .....	8
3. Portugal e a Quarta Revolução Industrial: uma visão em números .....	11
3.1. Emprego em Portugal .....	12
3.2. Educação em Portugal .....	17
4. O crescimento económico de Portugal e da UE15 no contexto da Quarta Revolução Industrial: modelos empíricos e resultados .....	21
4.1. O crescimento da economia portuguesa: modelo empírico e resultados.....	21
4.2. O crescimento económico da UE15: modelo empírico e resultados.....	31
5. Conclusão.....	35
Lista de referências bibliográficas .....	38
Anexos .....	40

## **Lista de Acrónimos e Siglas**

<b>DGEEC</b>	Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estatística
<b>ILO</b>	<i>International Labour Office</i>
<b>OECD</b>	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>UE</b>	União Europeia
<b>WEF</b>	<i>World Economic Forum</i>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Nível de escolaridade da população residente em Portugal com idade entre 25 e 64 anos por nível de ensino, 2002-16 .....	17
<b>Figura 2.</b> Resultados PISA: Portugal e média da OECD, 2006 e 2015.....	18
<b>Figura 3.</b> Número de diplomados em Portugal por área de educação e formação, anos letivos 2000/2001 e 2014/2015 .....	19
<b>Figura 4.</b> Número de doutorados por 1000 habitantes com idade entre 25 e 34 anos: total e nas áreas de Ciências, Matemática e Informática e Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção (CMI&EIC): 27 países da UE28, 2015 .....	20
<b>Figura 5.</b> Evolução do PIB real per capita em Portugal: 1995-2015.....	22
<b>Figura A.1.</b> Taxa de emprego da população com idade entre 20 e 64 anos: Portugal e média da UE28, 2002-16.....	40
<b>Figura A.2.</b> Percentagem da população com idade entre 30 e 34 anos que completou o ensino superior: Portugal e média da UE28, 2002-16.....	40



## Índice de Quadros

<b>Quadro 1.</b> Indivíduos totais por ramo de atividade em Portugal, 2000-15 .....	16
<b>Quadro 2.</b> Resultados da estimação do modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (4).....	30
<b>Quadro 3.</b> Resultados da estimação do modelo com dados em painel para a UE15 dado pela equação (5).....	34
<b>Quadro A.1.</b> Pessoal ao serviço nas empresas por atividade económica em Portugal, 2004-16.....	41
<b>Quadro A.2.</b> Descrição das variáveis incluídas no modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (1) e respetivas fontes.....	42
<b>Quadro A.3.</b> Estatísticas descritivas das variáveis incluídas no modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (1).....	43
<b>Quadro A.4.</b> Resultados do teste ADF para o modelo dado pela equação (1).....	44
<b>Quadro A.5.</b> Resultados do teste KPSS para o modelo dado pela equação (1) .....	45
<b>Quadro A.6.</b> Resultados dos testes de diagnóstico para o modelo dado pela equação (4): teste RESET de Ramsey, teste de White e teste LM de Breush-Godfrey .....	46
<b>Quadro A.7.</b> Descrição das variáveis incluídas no modelo com dados em painel para a UE15 dado pela equação (5) e respetivas fontes .....	47
<b>Quadro A.8.</b> Resultados dos testes diagnósticos de painel para o modelo dado pela equação (5): teste F, teste Breusch-Pagan e teste de Hausman .....	48

## 1. Introdução

Em pleno século XXI, e numa época globalmente caracterizada por intensos desenvolvimentos científicos e tecnológicos aos mais diversos níveis, autores de distintas áreas defendem que a Quarta Revolução Industrial é agora uma realidade (Schwab, 2017) e, conseqüentemente, objeto de intenso debate na literatura económica (Kuruczleki *et al.*, 2016). Com efeito, e tendo a sua génese na Terceira Revolução Industrial, esta voltada para o mundo digital e para as tecnologias de informação e comunicação, a Quarta Revolução Industrial “é caracterizada por Internet muito mais ubíqua e móvel, por sensores mais pequenos, potentes e baratos, e por inteligência artificial e *machine learning*”<sup>1</sup> (Schwab, 2017: 7), e é entendida como sendo de particular relevância e distinta das anteriores revoluções industriais pela fusão que permite entre tecnologias das mais diversas áreas e pela sua interação com sistemas físicos, digitais e biológicos (Schwab, 2017).

Indubitavelmente, a novidade associada ao conceito de Quarta Revolução Industrial acarreta consigo uma enorme incerteza quanto às alterações económicas, políticas, sociais e culturais que dela poderão advir. Com efeito, é consensual afirmar que a Quarta Revolução Industrial modificará drasticamente, por exemplo, a natureza do emprego e do mercado de trabalho nos diversos países, indústrias e setores (Frey e Osborne, 2013; Schwab, 2017). Todavia, o que não é tão consensual entre os vários autores é se esta nova revolução provocará apenas uma destruição drástica e significativa do emprego, originando desemprego tecnológico (conceito popularizado por John Maynard Keynes em 1930), ou se na realidade impulsionará a criação de novas oportunidades de emprego em novos setores, ou ainda se se verificarão ambos os fenómenos em simultâneo. Em acréscimo, drásticas transformações no mercado de trabalho deverão impulsionar também uma nova revolução na educação (Trajtenberg, 2017), na medida em que novas qualificações e competências serão exigidas aos novos trabalhadores. Não obstante, também o impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento económico é objeto de um intenso e controverso debate, não existindo consenso na literatura sobre se este tenderá para a estagnação ou se, pelo contrário, esta nova revolução industrial realmente impulsionará o crescimento económico (Schwab, 2017), podendo até estar-se perante uma

---

<sup>1</sup> Tradução livre da autora. No original “it is characterized by a much more ubiquitous and mobile Internet, by smaller and more powerful sensors that become cheaper, and by artificial intelligence and machine learning” (Schwab, 2017: 7).

“singularidade”, associada à ideia de que inovações na inteligência artificial poderão desencadear um crescimento económico ilimitado (Nordhaus, 2015; Aghion *et al.*, 2017).

Assim, de um modo geral, com este trabalho de projeto procurar-se-á encontrar resposta para questões como: Terá a população portuguesa qualificações e competências necessárias para beneficiar da Quarta Revolução Industrial? Estarão os diversos setores de atividade económica em Portugal a seguir as tendências de progresso científico e tecnológico características da Quarta Revolução Industrial de modo a promover o crescimento económico sustentado? Qual será o impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento da economia portuguesa?

Tendo por base a recente literatura sobre educação, emprego e crescimento económico no contexto da Quarta Revolução Industrial, este trabalho de projeto apresenta dois objetivos essenciais. Em primeiro lugar, procurar-se-á analisar se, por um lado, a evolução do emprego nos diversos ramos de atividade em Portugal estará, ou não, a seguir as presunções da literatura relevante neste âmbito e se, por outro lado, o nível e as características das qualificações da população portuguesa lhe permitirão beneficiar dos novos empregos associados à Quarta Revolução Industrial. Em segundo lugar, procurar-se-á inferir o possível impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento económico quer de Portugal quer dos países da UE15 nas últimas duas décadas, através da estimação de dois modelos empíricos cuja variável dependente será a taxa de crescimento anual do PIB real *per capita* e que terão como variáveis explicativas indicadores relativos ao emprego e à educação no contexto da Quarta Revolução Industrial, bem como um conjunto de variáveis de controlo selecionadas para o efeito.

O presente trabalho encontra-se organizado da forma que a seguir se descreve. Após a Introdução, a secção 2 contém uma breve revisão da literatura recente sobre educação, emprego e crescimento económico no contexto da Quarta Revolução Industrial. A secção 3 contém a apresentação e análise dos diversos dados estatísticos relativos ao desempenho de Portugal em parâmetros relacionados com o emprego e a educação associados à Quarta Revolução Industrial. A secção 4 contém a estimação dos dois modelos empíricos e principais resultados. Por fim, a secção 5 contém as principais conclusões.

## **2. Educação, emprego e crescimento económico no contexto da Quarta Revolução Industrial: breve revisão da literatura**

As várias revoluções industriais marcaram veementemente a história económica dos últimos séculos, contribuindo para mudanças fundamentais no modo de vida das populações. A (Primeira) Revolução Industrial, associada à construção de caminhos-de-ferro e à invenção da máquina a vapor, iniciou-se na segunda metade do século XVIII e durou até cerca da segunda metade do século XIX, altura em deu lugar à Segunda Revolução Industrial, caracterizada pelo surgimento da eletricidade, da produção em massa e da linha de montagem. A Segunda Revolução Industrial durou até cerca de metade do século XX, altura em que teve início a Terceira Revolução Industrial, também denominada por Revolução Digital por estar associada ao surgimento do computador, da Internet e das tecnologias de informação e comunicação (Schwab, 2017).

Do mesmo modo, existe agora um alargado consenso relativo à ideia de que o início do século XXI coincidiu com o surgimento da Quarta Revolução Industrial. Considerada fundamentalmente diferente das anteriores revoluções industriais pela sua abrangência e complexidade (Schwab, 2017), a Quarta Revolução Industrial está associada a conceitos como inteligência artificial e *machine learning*, robótica, impressão 3D, nanotecnologia e Internet das Coisas, entre outros.

Nesta secção procurar-se-á sintetizar os principais contributos da recente literatura económica versada sobre este tema em três dimensões distintas: emprego, educação e crescimento económico.

### **2.1. Emprego**

De um modo simplificado, o debate sobre as (drásticas) transformações que a Quarta Revolução Industrial provocará no emprego e no mercado de trabalho divide-se entre aqueles que antevêm uma acentuada destruição do emprego e aqueles que preveem a criação de novas e ilimitadas oportunidades de emprego (WEF, 2016). Nesta perspetiva, Schwab (2017) defende que a tecnologia exerce sobre o emprego dois efeitos concorrentes: um efeito de destruição do emprego, onde trabalhadores ficam desempregados e são obrigados a procurar um novo emprego, e um efeito de capitalização, onde o aumento da procura por novos bens e serviços leva à criação de novos empregos ou até mesmo indústrias. Ao mesmo tempo, Acemoglu e Restrepo (2018) expõem aquilo que entendem

ser uma falsa dicotomia: de um lado, encontram-se aqueles que argumentam que as inovações na inteligência artificial e na robótica significarão o fim do trabalho desempenhado por humanos, enquanto do outro lado encontram-se aqueles que, baseando-se na evidência histórica de que os avanços tecnológicos levaram à criação de emprego e ao aumento dos salários, defendem que não existe motivo para acreditar que desta vez será diferente.

Com efeito, as preocupações com a substituição de humanos por máquinas têm sido recorrentes ao longo dos últimos dois séculos (Nordhaus, 2015), tendo John Maynard Keynes, em 1930, popularizado o conceito de desemprego tecnológico, definindo-o como o “desemprego que surge devido à descoberta de meios de economizar o uso do trabalho ultrapassando o ritmo ao qual é possível encontrar novos usos para o trabalho”<sup>2</sup> (Keynes, 1932: 364).

Todavia, apesar de, ao longo da história, o progresso tecnológico ter alterado significativamente a composição do mercado de trabalho e ter provocado a destruição de emprego, a preocupação com o desemprego tecnológico provou-se ser exagerada (Frey e Osborne, 2013), pois não só o efeito sobre o emprego não foi desastroso (Mokyr *et al.*, 2015), como também se testemunhou a criação de novas oportunidades de emprego em diferentes setores de atividade económica (Schwab, 2017). De facto, e focando-se no caso concreto da automação, Acemoglu e Restrepo (2018) defendem que se a automação, enquanto processo responsável pela redução do emprego, for acompanhada por alterações que possibilitem a criação de novas tarefas, funções e profissões, o nível de emprego na economia poderá, pelo menos em teoria, permanecer estável.

Com efeito, tal como defendem Mokyr *et al.* (2015), as discussões sobre o modo como a tecnologia poderá afetar o mercado de trabalho estão frequentemente focadas nos empregos já existentes, descurando o surgimento de novos empregos, indústrias e setores que, embora atualmente inimagináveis, serão considerados essenciais para satisfazer as necessidades de novos produtos e serviços das populações no futuro. De facto, de acordo com uma popular estimativa citada pelo WEF na sua publicação *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, 65% das crianças que ingressam atualmente no ensino primário terão profissões que hoje ainda não

---

<sup>2</sup> Tradução livre da autora. No original “unemployment due to our discovery of means of economising the use of labour outrunning the pace at which we can find new uses for labour” (Keynes, 1932: 364).

existem (WEF, 2016). Ao mesmo tempo, em muitos países, indústrias e setores, algumas das profissões mais procuradas hoje não existiam há cinco ou dez anos atrás (WEF, 2016). Com efeito, tal como afirmam Berger e Frey (2015), parte considerável das novas indústrias e, conseqüentemente, profissões que surgiram no início do século XXI estão diretamente ligadas à Revolução Digital e particularmente à Internet, como as indústrias dos leilões *online*, da edição de notícias *online* ou de *streaming* de áudio e vídeo, entre muitas outras.

Todavia, de acordo com Trajtenberg (2017), existe na literatura algum consenso sobre a ideia de que uma parte considerável do emprego hoje existente dará lugar a máquinas inteligentes no futuro, ao mesmo tempo que se presume que a inteligência artificial será também capaz de desempenhar a maioria das novas tarefas, pelo que estas não constituirão um contrapeso suficiente para os empregos que desaparecerão, como foi o caso no passado, o que vai ao encontro de uma certa preocupação generalizada existente de que a inteligência artificial poderá ser responsável pela criação de desemprego em massa nos próximos anos.

Contudo, tal como afirma Bessen (2017), parece existir evidência de que a automação e a inteligência artificial não provocaram, até agora, uma destruição significativa do emprego, pois embora a inteligência artificial tenha atualmente capacidade para substituir a mão-de-obra humana em algumas profissões, como são exemplo os motoristas ou empregados de armazém, tal não se verifica com outras, como é o caso das profissões ligadas às novas tecnológicas como as aplicações informáticas (ou *apps*).

Porém, citando um artigo de Berger e Frey (2015), no qual os autores afirmam que, em 2010, apenas cerca de 0,5% dos trabalhadores nos Estados Unidos da América (EUA) estavam empregados em novas indústrias que não existiam no início do século XXI, Schwab (2017) afirma que, comparativamente com os 8% de novos empregos em novas indústrias na década de 1980 e os 4,5% na década de 1990, a Quarta Revolução Industrial aparenta estar a criar menos empregos em novas indústrias quando comparada com as anteriores revoluções industriais.

Em acréscimo, importa realçar que, contrariamente ao verificado ao longo dos últimos dois séculos, em que o progresso tecnológico esteve essencialmente confinado à mecanização de tarefas manuais consideradas rotineiras, substituindo apenas os trabalhadores menos qualificados, prevê-se que o progresso tecnológico associado à Quarta

Revolução Industrial abranja também a substituição de trabalhadores com tarefas manuais e cognitivas consideradas não-rotineiras (Frey e Osborne, 2013). De facto, tal como afirmam Acemoglu e Restrepo (2017), as novas tecnologias ligadas à inteligência artificial, em conjunto com inovações em *big data* e *machine learning*, têm agora potencial para substituir até os trabalhadores mais qualificados e para desempenhar tarefas mais complexas nas quais, por exemplo, as capacidades humanas de decisão e de resolução de problemas seriam anteriormente consideradas indispensáveis, destacando profissões nas áreas da contabilidade, consultoria para a gestão ou até algumas especialidades médicas. Não obstante, existe na literatura algum consenso sobre a ideia de que trabalhadores mais qualificados se adaptam com menor dificuldade e maior celeridade a mudanças tecnológicas do que trabalhadores menos qualificados (Nordhaus, 2015), procurando mais facilmente novos empregos em diferentes setores e até noutras localizações geográficas (Goolsbee, 2018).

Por fim, importa ainda salientar que a reafetação dos antigos trabalhadores cujas profissões foram substituídas por novas tecnologias é um processo complexo, moroso e dispendioso, que envolve necessariamente um conjunto de alterações significativas quer para os próprios trabalhadores quer para as empresas (ILO, 2016). São precisos tempo e recursos para requalificar os trabalhadores e para que estes consigam encontrar novos empregos (Acemoglu e Restrepo, 2018; Bessen, 2017). Ao mesmo tempo, é também necessário que os próprios trabalhadores se mantenham flexíveis e focados na aquisição de novas ou complementares competências (MacCrory *et al.*, 2014).

## **2.2. Educação**

Tendo como ponto de partida que trabalhadores mais qualificados detêm mais conhecimentos e que, ao mesmo tempo, adquirirão mais facilmente novas competências e, conseqüentemente, beneficiarão mais no atual contexto da Quarta Revolução Industrial do que trabalhadores menos qualificados (Furman, 2018; Agrawal *et al.*, 2018), torna-se elementar discutir o papel da educação e dos sistemas de ensino neste âmbito.

Com efeito, à semelhança do ocorrido nas anteriores revoluções industriais que exigiram e foram acompanhadas por correspondentes revoluções na educação (Trajtenberg, 2017), também agora os sistemas de ensino necessitam de se adaptar à nova conjuntura da Quarta Revolução Industrial, a fim de proverem aos estudantes as qualificações e

competências necessárias para que estes futuramente singrem no mercado de trabalho (Kuruczleki *et al.*, 2016; Hulten, 2017).

Todavia, parece existir algum consenso na literatura sobre a ideia de que a educação tem permanecido estática ao longo das últimas décadas (WEF, 2017), e que os conhecimentos e as competências hoje ensinados nas escolas não se adequarão às necessidades do mercado de trabalho no futuro (Kuruczleki *et al.*, 2016; Trajtenberg, 2017). Um artigo publicado no Scientix Blog a 17 de julho de 2017, *The (unknown) Impact of the Fourth Industrial Revolution in Education*, alerta para o facto de as instituições de ensino utilizarem hoje os mesmos métodos, estratégias e locais para educar as futuras gerações que utilizaram até agora, destacando, por exemplo, o facto de os estudantes continuarem hoje a aprender sentados durante horas numa sala de aula apenas a ouvir os docentes, sendo-lhes no fim pedido que realizem um exame cujo conteúdo será esquecido em minutos.

Por fim, importa, contudo, salientar que, tal como Hulten (2017) denota, a educação é apenas um dos vários canais que possibilitam o desenvolvimento das capacidades e competências dos indivíduos, existindo outros fatores como os contextos económico, social, cultural ou geográfico que importa não descurar aquando da discussão desta temática.

### **2.3. Crescimento económico**

Pela forma peculiar como a Quarta Revolução Industrial modificará o modo e a qualidade de vida das populações, torna-se imprescindível discutir o impacto que esta nova revolução industrial terá no crescimento económico. Neste sentido, existe hoje na literatura económica um recente debate em torno do conceito de “singularidade”, associado à ideia de que a inteligência artificial poderá potenciar um crescimento económico ilimitado (Nordhaus, 2015; Aghion *et al.*, 2017). Com efeito, Nordhaus (2015) procura definir o conceito de “singularidade” como o momento em que, após um rápido crescimento na computação e na inteligência artificial, o crescimento económico irá acelerar bruscamente e a taxa de crescimento económico atingirá 20% ao ano. Neste sentido, ao procurar testar a sua existência, o autor conclui no seu estudo que o momento em que a economia poderá plausivelmente atingir esta “singularidade” será dentro de mais de cem anos.



Ainda de acordo com Nordhaus (2015), esta perspectiva de taxas de crescimento ilimitadas não tem sido tomada em grande consideração na literatura devido, entre outros aspetos, ao facto de o crescimento da produtividade não ter acelerado nos últimos anos. Com efeito, também Trajtenberg (2017) afirma que existe uma recente onda de pessimismo relativamente ao crescimento da produtividade. Neste sentido, Schwab (2017) refere que se a ausência de crescimento da produtividade se mantiver durante a Quarta Revolução Industrial, tal terá um impacto negativo no crescimento económico de longo prazo e no nível médio de vida.

Assim, tal como Schwab (2017) evidencia, não existe consenso na literatura sobre se a Quarta Revolução Industrial realmente desencadeará um incremento na produtividade e, consequentemente, impulsionará o crescimento económico – conceção que o próprio Schwab defende – ou se, pelo contrário, o seu impacto na produtividade já se terá feito sentir e o crescimento económico a longo prazo tenderá para a estagnação.

#### **2.4. Mapeamento de competências, empregos e setores de atividade associados à Quarta Revolução Industrial**

Em consonância com o anteriormente explanado, vários autores têm procurado identificar quais as competências e os empregos e setores de atividade económica que serão considerados imprescindíveis no decurso da Quarta Revolução Industrial.

No que diz respeito às competências, é consensual afirmar que os principais pilares da Quarta Revolução Industrial são a inteligência emocional, a inteligência social e a inteligência criativa. Com efeito, Schwab (2017) destaca a importância vital que a inteligência emocional assume no contexto da Quarta Revolução Industrial, salientando competências como o autoconhecimento, a motivação e a empatia. Em acréscimo, Frey e Osborne (2013) apontam que profissões cujo desempenho de tarefas requeira inteligência criativa e inteligência social dificilmente serão autonomizadas ou computadorizadas nas próximas duas décadas. Com efeito, Acemoglu e Restrepo (2018) destacam um conjunto de competências humanas que hoje ainda não é possível autonomizar, entre as quais as capacidades de raciocínio complexo, de decisão, de resolução de problemas abstratos e também um misto de atividade física, empatia e comunicação. Também Kuruczleki *et al.* (2016) afirmam que, embora as competências exigidas variem entre as várias indústrias, a capacidade de resolução de problemas complexos é hoje de importância acrescida em

todos os setores de atividade. Em acréscimo, também uma publicação do ILO, intitulada *Technological Changes and Work in the Future: Making Technology Work For All*, destaca a importância de aliar às competências técnicas um conjunto de novas competências como a criatividade, a imaginação e a abertura a novas ideias e também competências sociais e de comunicação (ILO, 2016).

Deste modo, e embora exista na literatura um intenso debate em torno desta temática, existe também algum consenso sobre um certo conjunto de características fundamentais que Trajtenberg (2017) reúne em três grupos (não exaustivos): o grupo das competências analíticas, criativas e adaptáveis; o grupo das competências interpessoais e de comunicação; e o grupo das competências emocionais e de autoconfiança.

Em acréscimo, também MacCrory *et al.* (2014) afirmam que, embora existam tarefas nas quais as máquinas possuem particular vantagem relativamente aos humanos (nomeadamente as que requerem competências como perceção, supervisão de trabalho rotineiro ou coordenação), existem também tarefas nas quais o contrário se verifica, em que os humanos possuem particular vantagem relativamente às máquinas, nomeadamente as que requerem competências como interação e cooperação interpessoais, adaptabilidade e empatia e preocupação com os outros. Não obstante, os autores defendem que existem também tarefas nas quais os humanos complementam as máquinas, nomeadamente as que requerem competências como raciocínio dedutivo, expressão escrita, consciência situacional, criatividade e interação humana. Em acréscimo, também Furman (2018) destaca a vantagem que os humanos detêm comparativamente com a inteligência artificial no desempenho de tarefas que envolvam criatividade e inteligência social.

Assim, é possível afirmar que, mais do que competências técnicas específicas, a Quarta Revolução Industrial coloca o foco nas competências emocionais, sociais e interpessoais, aliadas às competências criativas e capacidades cognitivas e de processamento (WEF, 2016). Deste modo, e apesar da indiscutível importância atribuída à aquisição, para além das competências digitais básicas, de competências de computação avançadas, de programação e de utilização de *big data* e de plataformas *online* de aprendizagem colaborativa para partilhar e expandir conhecimento (OECD, 2016), é necessário que, tal como o artigo supracitado publicado a 17 julho de 2017 no Scientix Blog elucidada, as instituições de ensino coloquem os estudantes perante situações complexas para que estes desenvolvam pensamento crítico e capacidade de resolução de problemas complexos e para que aprendam a ser imaginativos, criativos e flexíveis.

No que diz respeito aos empregos e setores de atividade económica, importa destacar o contributo do WEF que, neste contexto, na sua publicação supracitada *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution* inquiriu um extenso conjunto de profissionais das mais diversas áreas sobre esta temática. Neste sentido, é de salientar que os inquiridos pelo WEF esperam um declínio moderado do emprego em profissões relacionadas com a construção e com a fabricação e produção e um declínio significativo em profissões relacionadas com escritório e administração. Também nas áreas da educação e formação, do direito, da gestão e das operações financeiras é expectável que a inteligência artificial e *machine learning* afetem negativamente o emprego. Não obstante, e sem surpresa, os inquiridos esperam um forte crescimento do emprego em profissões das áreas da arquitetura, engenharia e matemática. No caso da assistência médica, os inquiridos esperam um horizonte de emprego estável. Quanto aos novos empregos que os inquiridos esperam tornarem-se criticamente relevantes nos próximos anos, destacam-se profissionais como analistas de dados e representantes comerciais especializados, bem como novos tipos de especialistas em recursos humanos e desenvolvimento organizacional, engenheiros em ramos como engenharia de materiais, bioquímica, nanotecnologia e robótica, especialistas em regulação e relações governamentais, peritos em sistemas de informação geoespacial e *designers* comerciais e industriais (WEF, 2016).

Do mesmo modo, Schwab (2017) aponta que o trabalho desempenhado por profissionais tão distintos como advogados, analistas financeiros, médicos, jornalistas, contabilistas, mediadores de seguros ou bibliotecários poderá ser parcial ou completamente automatizado no decurso da Quarta Revolução Industrial. Em acréscimo, também Acemoglu e Restrepo (2017) denotam que profissionais da área da contabilidade, da consultoria para a gestão, do planeamento financeiro e de várias especialidades médicas, como radiologia, medicina geral ou até mesmo cirurgia, enfrentam hoje (parcial) automação devido aos progressos na inteligência artificial. Também Frey e Osborne (2013) destacam que profissionais das áreas dos transportes e da logística, dos serviços, vendas e construção, juntamente com a maior parte dos trabalhadores de escritório e apoio administrativo e trabalhadores da área da produção exibem uma elevada probabilidade de computadorização.

Todavia, para Frey e Osborne (2013), algumas das profissões em menor risco de serem computadorizadas, por estarem associadas a tarefas que exigem um certo nível de

inteligência social, encontram-se nas áreas da gestão, dos negócios e financeira, e também na educação e na assistência médica e nas áreas das artes e dos meios de comunicação social. Em acréscimo, para estes autores, a reduzida suscetibilidade das profissões das áreas da engenharia e da ciência à computadorização deve-se largamente ao elevado grau de inteligência criativa que estas exigem. Com efeito, também um *White Paper* do WEF destaca que as profissões ligadas às ciências, tecnologias, engenharias, matemática e comunicações se tornaram a base do trabalho mais qualificado, melhor remunerado e mais procurado nas últimas décadas (WEF, 2017). Também Schwab (2017) afirma que os grandes beneficiários da Quarta Revolução Industrial serão os fornecedores de capital físico e intelectual, ou seja, inovadores, investigadores, investidores e *stakeholders*.

Em acréscimo, Acemoglu e Restrepo (2018) destacam a possibilidade de as aplicações da inteligência artificial na educação e na assistência médica poderem também resultar em oportunidades de emprego para novos trabalhadores. Com efeito, para estes autores, as aplicações da inteligência artificial podem permitir que o sistema de ensino se torne mais personalizado, e assim se criem mais empregos para profissionais da educação para monitorizar, projetar e implementar programas de educação individualizados, o mesmo se podendo verificar no caso da assistência médica e dos serviços de apoio prestados aos mais idosos. No mesmo sentido, também Trajtenberg (2017), citando o estudo *Occupational Employment Projections to 2024* do *U.S. Bureau of Labor Statistics*, atribui particular destaque ao crescimento do emprego no setor dos serviços no decurso da próxima década, particularmente nas áreas de cuidados médicos, de assistência social e de cuidados pessoais, áreas que, para o autor, não se encontram deveras ameaçadas pela inteligência artificial.

Por fim, importa salientar que o mapeamento de competências, empregos e setores de atividade económica associados à Quarta Revolução Industrial aqui apresentado não é exaustivo nem irrefutável e está, indubitavelmente, sujeito a alterações à medida que novos desenvolvimentos tecnológicos ocorrem.

### **3. Portugal e a Quarta Revolução Industrial: uma visão em números**

Com o intuito de procurar analisar se o nível e as características das qualificações e competências da população portuguesa lhe permitirão beneficiar dos empregos associados à Quarta Revolução Industrial, nesta secção analisar-se-ão diversos dados

estatísticos relativos ao desempenho de Portugal ao longo das últimas duas décadas em indicadores relacionados com emprego e educação. Com efeito, numa primeira fase procurar-se-á examinar indicadores relativos ao emprego nos diversos setores de atividade económica em Portugal, centrando-se posteriormente a análise em vários indicadores relativos ao nível de escolaridade e qualificações da população portuguesa.

### **3.1. Emprego em Portugal**

Desde o início do século XXI, momento que, tal como anteriormente explanado, se crê ter coincido com o início da Quarta Revolução Industrial, o emprego em Portugal e nos restantes países europeus sofreu algumas oscilações. Tal como é possível observar através da figura A.1 em anexo, entre 2002 e 2016, a taxa de emprego da população portuguesa com idade entre 20 e 64 anos diminuiu 3,0 pontos percentuais, tendo decrescido com particular notoriedade entre 2007 e 2013, e aumentado nos anos seguintes, registando em 2016 o valor de 70,6%, muito próximo do verificado para a média da UE28 nesse ano, 71,1%. Com efeito, atendendo a que, entre outros aspetos, parte do período analisado coincide com a crise financeira e económica internacional com início em 2007-08, torna-se particularmente difícil neste contexto isolar o potencial efeito da Quarta Revolução Industrial no emprego.

Deste modo, com o intuito de procurar analisar com detalhe a evolução do emprego em Portugal no contexto da Quarta Revolução Industrial, procurou-se encontrar correspondência entre as principais profissões enunciadas na literatura explanada aquando do mapeamento de empregos e setores de atividade económica, na secção anterior, e as Nomenclaturas de Ramos de Atividade das Contas Nacionais e as atividades económicas categorizadas pela CAE-Rev.3 no nível divisão (com dois dígitos) (INE, 2007). Neste sentido, importa denotar que, contrariamente aos restantes ramos de atividade, cuja escolha procurou seguir de perto a literatura abordada, no caso das indústrias transformadoras, devido à escassa fundamentação literária sobre quais as indústrias a incluir, a escolha recaiu sobre quatro ramos de atividade mais passíveis de serem afetados negativamente pela Quarta Revolução Industrial por empregarem um grande número de trabalhadores menos qualificados, que desempenham tarefas manuais e cognitivas consideradas rotineiras, e cujas profissões se encontram diretamente ameaçadas pela automação e pela inteligência artificial, sendo eles: as indústrias alimentares; a indústria têxtil, do vestuário e

do calçado; a indústria da madeira e do papel; e a indústria metalúrgica e dos produtos metálicos. Assim, o quadro 1 a seguir apresentado mostra os indivíduos totais nos ramos de atividade selecionados para os anos de 2000 e 2015, bem como a variação relativa para o total do período.

Deste modo, através do quadro 1 é possível verificar que, entre 2000 e 2015, o emprego decresceu em todos os ramos de atividade considerados pertencentes às indústrias transformadoras, setor de atividade que emprega um grande número de indivíduos em Portugal. Com efeito, ao longo das últimas duas décadas, tem-se verificado uma perda de relevância do setor da indústria em Portugal, motivada, em parte, por uma crescente concorrência internacional resultante não só da entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC), em 2001, mas também do alargamento a leste da União Europeia, em 2004 (Mateus *et al.*, 2015). Assim, tal como o quadro 1 evidencia, o decréscimo do emprego foi particularmente notório no caso da indústria têxtil, do vestuário, do couro e dos produtos do couro (-34,75%), seguindo-se a indústria da madeira, pasta, papel e cartão e seus artigos e impressão (-34,66%). No caso das indústrias metalúrgicas de base e fabricação de produtos metálicos, a variação relativa negativa foi menos expressiva (-7,86%), e menos expressiva ainda no caso das indústrias alimentares, das bebidas e do tabaco (-4,35%). Do mesmo modo, o quadro 1 permite também inferir que no setor da construção, que emprega também um grande número de indivíduos, entre 2000 e 2015, verificou-se uma diminuição bastante expressiva do emprego, para cerca de metade (-48,03%), o que não constitui uma surpresa tendo em conta, por exemplo, a crise da construção e do imobiliário que teve lugar em Portugal durante o período da crise financeira e económica internacional (Mateus *et al.*, 2015). Assim, e embora os decréscimos verificados quer nas indústrias transformadoras quer na construção possam ter justificações de diversas naturezas, é ainda assim possível afirmar que estes se encontram em linha com a literatura supracitada, que destaca o declínio nas profissões das áreas da fabricação e produção e também da construção (Frey e Osborne, 2013; WEF, 2016).

Ao mesmo tempo, o quadro 1 permite observar que também no caso das atividades financeiras e de seguros se verificou um decréscimo no emprego, embora não muito acentuado (-2,52%), o que vai também ao encontro do anteriormente denotado pela literatura citada (WEF, 2016; Schwab, 2017).

Procurando agora centrar a análise nos ramos de atividade influenciados positivamente pela Quarta Revolução Industrial, é possível verificar através do quadro 1

que, entre 2000 e 2015, o emprego nas atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação sofreu um acréscimo notório, quase triplicando (186,10%). Com efeito, apesar de tais atividades económicas não se encontrarem explicitamente referidas na literatura anteriormente abordada, são, ainda assim, atividades de particular relevância no atual contexto tecnológico, o mesmo sendo verdade para as atividades de investigação científica e desenvolvimento, que embora empreguem um número muito reduzido de trabalhadores, verificaram também uma variação relativa positiva do emprego em percentagem do total durante o período considerado (2,35%).

Em acréscimo, também de acordo com o quadro 1, é possível constatar que, durante o período considerado, se verificou um aumento significativo do emprego nas atividades jurídicas, de contabilidade, gestão, arquitetura, engenharia e atividades de ensaios e análises técnicas (58,97%). Com efeito, e tendo por base que este ramo engloba um extenso conjunto de distintas atividades económicas, procurou-se então construir o quadro A.1 em anexo, que apresenta o pessoal ao serviço nas empresas atendendo à categorização pela CAE-Rev.3 das atividades económicas no nível classe (com quatro dígitos) (INE, 2007) para os anos de 2004 e 2016, bem como a variação relativa para o total do período. Deste modo, através do quadro A.1 em anexo é possível inferir que, entre 2004 e 2016, se verificou um aumento do emprego nas atividades jurídicas e dos cartórios notariais (18,43%) e nas atividades de contabilidade e auditoria e consultoria fiscal (5,59%), o que contraria a literatura supracitada que aponta um declínio do emprego quer na área do direito quer na área da contabilidade (WEF, 2016; Acemoglu e Restrepo, 2017; Schwab, 2017). Ao mesmo tempo, também nas atividades das sedes sociais, nas atividades de relações públicas e comunicação e nas outras atividades de consultoria para os negócios e a gestão se verificou uma variação relativa positiva do emprego bastante acentuada (524,78%, 232,23% e 65,56%, respetivamente), o que contraria também a literatura anteriormente explanada que aponta, por exemplo, um decréscimo do emprego nas áreas da gestão (WEF, 2016). Em contraste, tal como é também possível observar no quadro A.1 em anexo, verificou-se um ligeiro decréscimo do emprego nas atividades de arquitetura (-4,56%), e também nas atividades de engenharia e técnicas afins (-13,82%), o que contraria também a literatura supracitada que, neste caso, aponta um acréscimo do emprego nas áreas da arquitetura e da engenharia (Frey e Osborne, 2013; WEF, 2016; WEF, 2017).

Por fim, e retomando a análise do quadro 1 a seguir apresentado, é possível observar que, entre 2000 e 2015, no setor da educação verificou-se uma variação relativa do emprego em percentagem do total positiva, embora pouco expressiva (7,62%). Ao mesmo tempo, nas atividades de saúde humana, o emprego sofreu um acréscimo significativo (29,96%), e no caso das atividades de apoio social o aumento foi ainda mais notório (62,65%). Com efeito, tais dados vão ao encontro da literatura acima explanada que aponta para um crescimento do emprego nas áreas da educação e da assistência médica e social (Frey e Osborne, 2013; Trajtenberg, 2017; Acemoglu e Restrepo, 2018). Não obstante, no caso do acréscimo do emprego nas atividades de apoio social, importa aqui ressaltar que a tendência demográfica de envelhecimento da população portuguesa, consequência da melhoria das condições de vida em Portugal, levou à criação de novas oportunidades de emprego em áreas como a assistência aos mais idosos, o que ajuda a explicar o acréscimo de emprego verificado nestas atividades.



**Quadro 1.** Indivíduos totais por ramo de atividade em Portugal, 2000-15

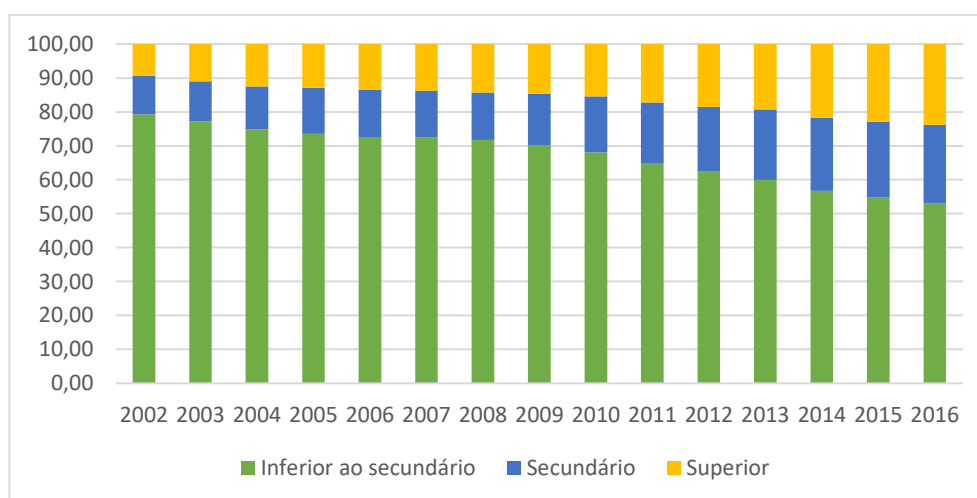
Ramo de Atividade			2000		2015		Variação Relativa (% Total)
Total			5 041 861		4 575 823		
Divisão CAE-Rev.3	A38	Designação	N.º	% Total	N.º	% Total	
10-12	CA	Indústrias alimentares, das bebidas e do tabaco	123 940	0,0246	107 590	0,0235	-4,35%
13-15	CB	Indústria têxtil, do vestuário, do couro e dos produtos do couro	356 830	0,0708	211 304	0,0462	-34,75%
16-18	CC	Indústria da madeira, pasta, papel e cartão e seus artigos e impressão	100 077	0,0198	59 345	0,0130	-34,66%
24-25	CH	Indústrias metalúrgicas de base e fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos	103 015	0,0204	86 148	0,0188	-7,86%
41-43	F	Construção	579 407	0,1149	273 276	0,0597	-48,03%
62-63	JC	Consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação	18 607	0,0037	48 314	0,0106	186,10%
64-66	K	Atividades financeiras e de seguros	94 759	0,0188	83 831	0,0183	-2,52%
69-71	MA	Atividades jurídicas, de contabilidade, gestão, arquitetura, engenharia e atividades de ensaios e análises técnicas	99 772	0,0198	143 951	0,0315	58,97%
72	MB	Investigação científica e desenvolvimento	9 917	0,0020	9 212	0,0020	2,35%
85	P	Educação	307 906	0,0611	300 746	0,0657	7,62%
86	QA	Atividades de saúde humana	183 079	0,0363	215 940	0,0472	29,96%
87-88	QB	Atividades de apoio social	101 225	0,0201	149 424	0,0327	62,65%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do INE

### 3.2. Educação em Portugal

Tendo por base que, tal como anteriormente abordado, se prevê que a Quarta Revolução Industrial tenha um impacto negativo notório em algumas das profissões desempenhadas por trabalhadores menos qualificados, beneficiando ao mesmo tempo os trabalhadores mais qualificados, torna-se particularmente relevante neste contexto analisar a evolução do nível de escolaridade da população portuguesa desde o início do século XXI. Neste sentido, tal como é possível observar na figura 1 a seguir apresentada, entre 2002 e 2016, a percentagem da população portuguesa com idade entre 25 e 64 anos com nível de escolaridade completo inferior ao ensino secundário (a verde) foi sempre significativamente elevada, apesar de ter sofrido um decréscimo de 26,2 pontos percentuais ao longo do período considerado. Ao mesmo tempo, quer a percentagem da população com o ensino secundário completo (a azul), quer a percentagem da população com o ensino superior completo (a amarelo) aumentaram, respetivamente, 11,8 e 14,4 pontos percentuais, sendo em 2016 muito próximas, 23,06% no caso do ensino secundário e 23,85% no caso do ensino superior. Com efeito, em 2016, cerca de 53,1% da população portuguesa com idade entre 25 e 64 anos ainda tinha um nível de escolaridade completo inferior ao ensino secundário, valor que, de acordo com dados disponibilizados pela OECD<sup>3</sup>, colocava Portugal como o terceiro país da OECD com maior percentagem de população residente nesta condição (apenas ultrapassado por Turquia e México).

**Figura 1.** Nível de escolaridade da população residente em Portugal com idade entre 25 e 64 anos por nível de ensino, 2002-16

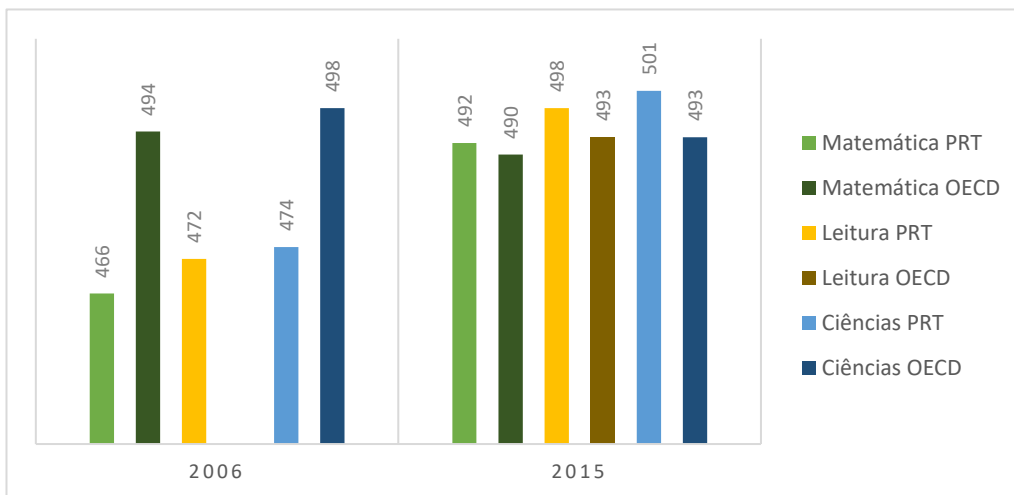


**Fonte:** Elaborado pela autora a partir de dados da OECD

<sup>3</sup> Disponível em: <https://data.oecd.org/eduatt/adult-education-level.htm>

Em simultâneo com a anterior análise da escolaridade da população portuguesa, importa também mencionar, ainda que sucintamente, a questão da qualidade do ensino lecionado em Portugal, que adquire particular relevância no contexto da Quarta Revolução Industrial, tal como corroborado pela literatura relevante citada na secção anterior. Neste contexto, o *Programme for International Student Assessment (PISA)*, lançado pela OECD em 1997, consiste numa avaliação trianual dos sistemas de ensino dos países aderentes ao programa e testa as competências e os conhecimentos dos estudantes de 15 anos em três áreas essenciais: ciências, matemática e leitura (OECD, 2017). Deste modo, tal como é possível observar através da figura 2 a seguir apresentada, entre 2006 e 2015, os resultados dos estudantes portugueses melhoraram em todas as três áreas avaliadas, 26 pontos nas áreas da matemática e da leitura e 27 pontos na área das ciências. Com efeito, em 2015, e contrariamente ao cenário verificado em 2006, Portugal apresentava resultados superiores à média dos países da OECD em todas as áreas, o que constitui um dado favorável e animador para o sistema de ensino português, principalmente atendendo à importância que duas das áreas avaliadas, matemática e ciências, têm no atual contexto da Quarta Revolução Industrial.

**Figura 2.** Resultados PISA: Portugal e média da OECD, 2006 e 2015

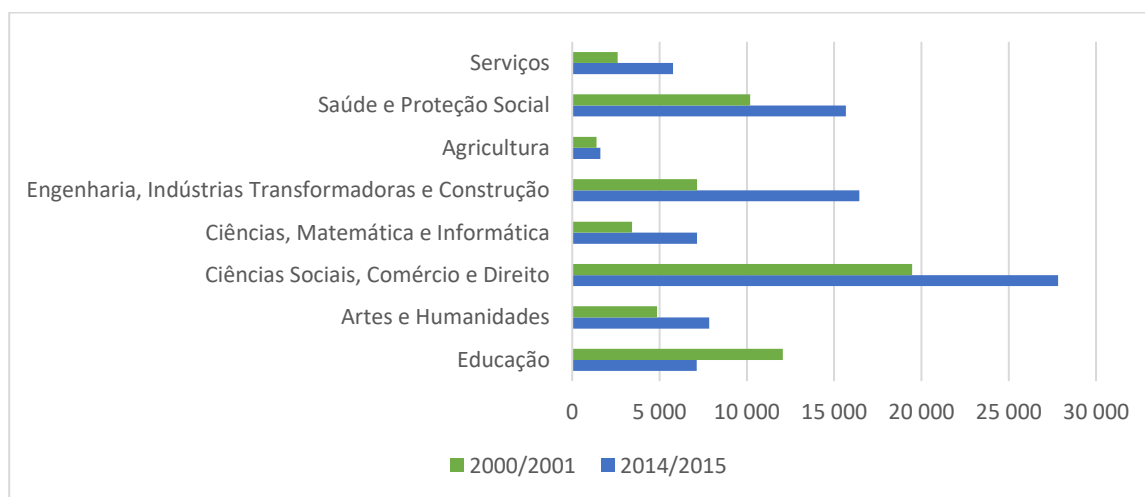


Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da OECD

Procurando agora centrar a análise na população portuguesa mais qualificada, tal como é possível observar através da figura A.2 em anexo, entre 2002 e 2016, a percentagem da população portuguesa com idade entre 30 e 34 anos que completou o ensino superior aumentou significativamente, de 12,9% em 2002 para 34,6% em 2016, seguindo a tendência de crescimento da média da UE28 neste indicador. Neste sentido, e

tendo por base que a área de educação e formação em que um estudante se diploma no ensino superior o qualifica para o desempenho de determinadas profissões, torna-se particularmente relevante neste contexto conhecer a evolução e atual situação do número de diplomados nas áreas de educação e formação particularmente associadas ao desempenho de algumas das profissões anteriormente enunciadas como relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial. Deste modo, através da figura 3 a seguir apresentada é possível observar que apenas na área da Educação o número de diplomados no ensino superior diminuiu desde o início do século XXI, tendo aumentado em todas as restantes áreas, com particular destaque para as áreas da Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção e das Ciências Sociais, Comércio e Direito. Analisando com maior detalhe os dados para o período mais recente disponível, no ano letivo de 2014/2015 a área das Ciências Sociais, Comércio e Direito destacava-se como a área com maior número de diplomados, com 27835 diplomados, seguindo-se a área da Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção muito próxima da área da Saúde e Proteção Social, com 16438 e 15666 diplomados, respetivamente. Já a área das Ciências, Matemática e Informática, área de educação e formação de estudantes cuja importância no contexto da Quarta Revolução Industrial é indiscutível, teve no ano letivo de 2014/2015 um total de 7151 diplomados.

**Figura 3.** Número de diplomados em Portugal por área de educação e formação, anos letivos 2000/2001 e 2014/2015

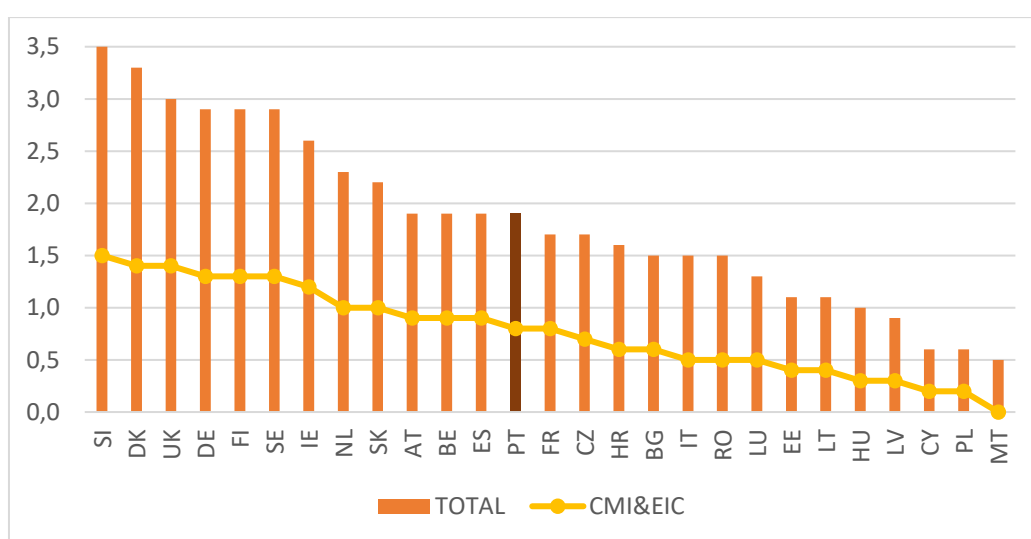


Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da DGEEC

Por fim, e procurando agora analisar a população com maior nível de qualificação superior possível, os doutorados, a figura 4 a seguir apresentada permite observar que, em

2015, Portugal tinha 1,9 doutorados por cada 1000 habitantes com idade entre 25 e 34 anos, e 0,8 nas áreas de Ciências, Matemática e Informática e Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção, o que colocava Portugal como o décimo terceiro país da UE28 (exceto Grécia) com maior número de diplomados em ambos os casos, um dado animador para Portugal atendendo à reduzida percentagem de população com qualificação superior anteriormente explanada.

**Figura 4.** Número de doutorados por 1000 habitantes com idade entre 25 e 34 anos: total e nas áreas de Ciências, Matemática e Informática e Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção (CMI&EIC): 27 países da UE28, 2015



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do Eurostat

#### **4. O crescimento económico de Portugal e da UE15 no contexto da Quarta Revolução Industrial: modelos empíricos e resultados**

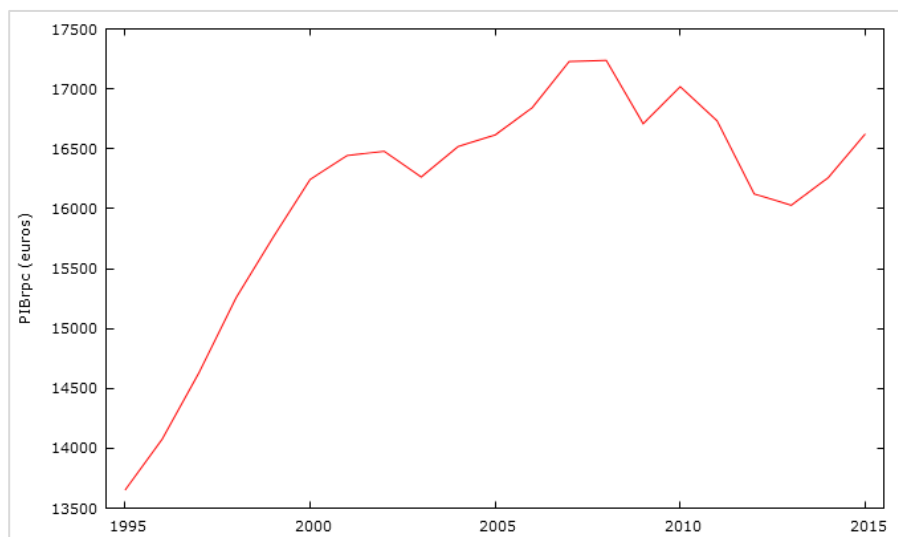
Tendo por objetivo analisar o possível impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento económico de Portugal bem como dos países da UE15 ao longo das últimas duas décadas, e atendendo ao contributo da literatura económica citada na secção 2, bem como aos principais indicadores analisados na secção 3, nesta secção proceder-se-á à estimação de dois modelos empíricos em que o comportamento da variável dependente, a taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*, principal indicador de crescimento económico, é explicada por um conjunto de indicadores de emprego e educação associados à Quarta Revolução Industrial, principais variáveis explicativas, e também por diversas variáveis de controlo consideradas relevantes no contexto dos estudos empíricos de crescimento económico (ver, por exemplo, Ciccone e Jarocinski (2010) e Moral-Benito (2012)). Assim, num primeiro momento, apresentar-se-ão os modelos empíricos definidos para o efeito, procedendo-se posteriormente à apresentação detalhada dos respetivos dados, metodologias e principais resultados obtidos.

##### **4.1. O crescimento da economia portuguesa: modelo empírico e resultados**

Previamente à apresentação do modelo empírico e resultados, torna-se pertinente analisar a evolução do PIB real *per capita* em Portugal ao longo das últimas duas décadas. Assim, através da figura 5 a seguir apresentada, é possível constatar que, entre 1995 e 2015, o PIB real *per capita* aumentou em Portugal, sendo que a taxa média de crescimento anual para este período foi de 0,985%. Com efeito, o acréscimo do PIB real *per capita* foi particularmente notório no quinquénio 1995-2000, onde a taxa média de crescimento anual foi de 3,477%. Nos cinco anos seguintes, período que coincidiu com a adoção da moeda única, o PIB real *per capita* estagnou, tendo a taxa média de crescimento anual sido de 0,452%. No quinquénio 2005-10, cujo final do período coincidiu com a crise financeira e económica internacional com início em 2007-08, o PIB real *per capita* oscilou, tendo a taxa média de crescimento anual sido de 0,479%. Com efeito, o principal decréscimo no PIB real *per capita* verificou-se entre 2010 e 2013, período que coincidiu com a vigência do Programa de Assistência Económica e Financeira a Portugal, acordado entre Portugal, a UE e o Fundo Monetário Internacional (FMI), que se iniciou em 2011 e terminou em 2014,

ano em que o PIB real *per capita* voltou a aumentar; não obstante, a taxa de crescimento anual para o período 2010-15 foi de -0,469%.

**Figura 5.** Evolução do PIB real *per capita* em Portugal: 1995-2015



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da AMECO

Procurando agora apresentar o modelo empírico, e com o intuito de procurar concretizar o objetivo suprarreferido, a variável dependente do modelo a estimar é então a taxa de crescimento anual do PIB real *per capita* e as principais variáveis explicativas são, por um lado, o emprego nos diversos ramos de atividade em Portugal relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial e, por outro lado, vários indicadores relativos à educação e às qualificações da população portuguesa. Deste modo, a especificação base do modelo a estimar é dada pela seguinte equação, (1):

$$\Delta \ln \text{PIB}_{\text{rpc}_t} = \alpha + \beta \text{EMP}_{j_t} + \gamma \text{EDUC}_{k_t} + \mu \text{CPUB}_t + \delta \text{INV}_t + \sigma \text{GAEE}_t + \theta \text{ID}_t + \omega \text{TXEMP}_t + \lambda \ln \text{PIB}_{\text{rpc}_{t-1}} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Na equação (1),  $\ln \text{PIB}_{\text{rpc}}$  corresponde ao logaritmo do PIB real *per capita* e o símbolo  $\Delta$  representa as primeiras diferenças, pelo que  $\Delta \ln \text{PIB}_{\text{rpc}}$  será a taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*; EMP corresponde ao emprego no ramo de atividade  $j$  em percentagem do emprego total e EDUC corresponde ao indicador que pretende captar as melhorias nas qualificações dos trabalhadores, obtidas através do sistema de ensino, para cada variável  $k$ . Quanto às seis variáveis de controlo seleccionadas, CPUB corresponde à despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB, INV à taxa de investimento (rácio entre a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) e o PIB), GAEE ao grau de abertura da economia ao exterior (soma das

importações e das exportações de bens e serviços em percentagem do PIB), ID à despesa em Investigação e Desenvolvimento (I&D) em percentagem do PIB, TXEMP à taxa de emprego da população com idade entre 20 e 64 anos e  $\ln\text{PIBrpc}_{t-1}$  ao logaritmo do PIB real *per capita* desfasado um período. Por fim,  $\alpha$  representa o termo constante,  $\varepsilon$  o termo de erro e o índice  $t$  representa o tempo.

Atendendo às principais conclusões descritas na secção anterior no que respeita ao emprego e à educação em Portugal no contexto da Quarta Revolução Industrial, optou-se por incluir no modelo o emprego em quatro ramos de atividade relevantes neste contexto (em percentagem do emprego total): nas atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação (EMPCinf), nas atividades profissionais, técnicas e científicas e nas atividades de serviços administrativos<sup>4</sup> (EMPCientad), no setor da educação (EMPeduc) e nas atividades de saúde humana e apoio social (EMPsasoc). Quanto à educação, procurou-se, por um lado, incluir os anos médios de escolaridade secundária (EDUCsec) e superior (EDUCsup) em percentagem dos anos médios totais de escolaridade (da população com mais de 15 anos), e, por outro lado, os diplomados na área de educação e formação de Ciências, Matemática e Informática (EDUCdiplcmi) e de Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção (EDUCdipliec) em percentagem do total de diplomados; em acréscimo, procurou-se ainda incluir uma outra variável, a despesa pública em educação em percentagem do PIB (EDUCdesp).

As variáveis bem como a sua designação e respetivas fontes encontram-se explicitadas no quadro A.2 em anexo, enquanto no quadro A.3 em anexo são apresentadas as principais estatísticas descritivas das variáveis incluídas no modelo. Os dados utilizados são referentes ao período compreendido entre 1995 e 2015. A análise de séries temporais será realizada com recurso ao *software* econométrico GRETL.

No que respeita ao sinal esperado para os diferentes coeficientes das variáveis explicativas da taxa de crescimento real do PIB *per capita*, atendendo às previsões da literatura de crescimento económico, espera-se que, tanto  $\delta$  como  $\sigma$ , coeficientes da taxa de investimento e do grau de abertura da economia ao exterior, respetivamente, sejam ambos positivos, dado que o PIB real *per capita* tende a aumentar face a evoluções favoráveis nestas duas variáveis (Barro, 2003). Em contraste, prevê-se que  $\mu$ , coeficiente da despesa

---

<sup>4</sup> Atividades profissionais, técnicas, científicas e atividades de serviços administrativos é a designação utilizada para definir o conjunto de atividades económicas pertencentes às secções M (atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares) e N (atividades administrativas e dos serviços de apoio), que correspondem às divisões 69 a 75 e 77 a 82, respetivamente (INE, 2007).



de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB, seja negativo, pois a relação entre esta variável e a taxa de crescimento do PIB real *per capita* é, muitas vezes, tida na literatura como negativa (Barro, 2003). No que diz respeito a  $\theta$ , coeficiente da despesa em I&D em percentagem do PIB, cuja inclusão é justificada no âmbito dos modelos de crescimento endógeno de segunda geração, espera-se que este coeficiente seja positivo, na medida em que tais modelos defendem que as inovações introduzidas pelos diversos agentes económicos têm um impacto positivo no progresso tecnológico e, conseqüentemente, no crescimento económico (ver, por exemplo, Aghion e Howitt (1992)). Quanto a  $\omega$ , coeficiente da taxa de emprego, incluída no modelo para controlar o comportamento do ciclo económico, espera-se também que este seja positivo. Por fim, no que diz respeito a  $\lambda$ , coeficiente do logaritmo do PIB real *per capita* desfasado um período, prevê-se que este seja negativo, dado que a literatura sobre convergência defende uma relação inversa entre a taxa de crescimento do PIB real *per capita* e os níveis iniciais de PIB *per capita* (ver, por exemplo, Barro e Sala-i-Martin (1992)).

Previamente à estimação do modelo, procurou-se analisar a estacionaridade das variáveis incluídas no modelo, uma propriedade das séries temporais essencial para prevenir a existência de regressões espúrias e para que as inferências estatísticas sejam válidas. De acordo com a literatura, “uma série temporal é estacionária se a sua média e variância não variam sistematicamente ao longo do tempo”<sup>5</sup> (Gujarati, 2003: 26). Neste sentido, para testar a estacionaridade das séries, é comum recorrer-se ao teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), um teste de raiz unitária que, para uma qualquer variável  $y$ , consiste em estimar a seguinte regressão (Greene, 2007):

$$y_t = \mu + \gamma^* y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2)$$

O teste ADF assume como hipótese nula que a série tem raiz unitária e que a série não é estacionária (ou seja,  $\gamma^* = 0$ ) e, como hipótese alternativa, que a série é estacionária (ou seja,  $\gamma^* < 0$ ) (Gujarati, 2003).

Deste modo, realizou-se o teste ADF para todas as variáveis incluídas no modelo, cujos resultados se apresentam no quadro A.4 em anexo. Atendendo às conclusões inferidas, é possível afirmar que, com um nível de significância estatística de 5%, a variável dependente do modelo,  $\Delta \ln \text{PIB}_{\text{rpc}}$ , não é estacionária, o mesmo sendo verdade

---

<sup>5</sup> Tradução livre da autora. No original “a time series is stationary if its mean and variance do not vary systematically over time” (Gujarati, 2003: 26).

para as variáveis explicativas EMPeduc, EMPsasoc, ID e TXEMP, nem em nível nem em primeiras diferenças. Já as restantes variáveis, EMPcinf, EMPcientad, EDUCsec, EDUCdiplcmi, EDUCdiplcic, CPUB, INV e GAEE, embora não sendo também estacionárias em nível, ainda assim são estacionárias em primeiras diferenças. No caso da variável EDUCsup, esta é estacionária em nível, mas não em primeiras diferenças, e no caso da variável EDUCdesp, esta é estacionária quer em nível quer em primeiras diferenças.

Todavia, por se tratar de um teste de raiz unitária, o teste ADF apresenta algumas limitações, nomeadamente o facto de ter fraca potência, especialmente quando aplicado a séries de pequena dimensão, como é o caso, pelo que é comum aplicar-se, em alternativa ao teste ADF, o teste Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) para testar a estacionaridade das variáveis incluídas no modelo (Nusair, 2003). Assim, para qualquer variável  $y$ , o teste KPSS consiste em estimar a seguinte regressão (Greene, 2007):

$$y_t = \alpha + \beta t + \gamma \sum_{i=1}^t z_i + \varepsilon_t \quad (3)$$

Contrariamente ao teste ADF, o teste KPSS assume como hipótese nula que a série é estacionária (ou seja,  $\gamma = 0$ ) e, como hipótese alternativa, que a série não é estacionária (Greene, 2007).

Assim, realizou-se o teste KPSS para todas as variáveis incluídas no modelo, cujos resultados se apresentam no quadro A.5 em anexo. Através da observação das conclusões obtidas com a realização do teste, é possível inferir que tanto a variável dependente,  $\Delta \ln \text{PIB}_{\text{rpc}}$ , como todas as variáveis explicativas incluídas no modelo são estacionárias, quer em nível quer em primeiras diferenças, embora o nível de significância estatística varie. Assim, atendendo aos resultados obtidos através do teste KPSS, a especificação do modelo a estimar é, então, a explicitada na equação (1).

Após uma primeira estimação do modelo dado pela equação (1), utilizando como método de estimação o método dos mínimos quadrados ordinários (OLS – *Ordinary Least Squares*), cujos resultados não foram satisfatórios, verificou-se a necessidade de incluir uma variável de tendência temporal no modelo (time), pois observando o comportamento temporal da variável dependente, constatou-se que esta apresentava uma tendência decrescente. Ao mesmo tempo, optou-se por excluir do modelo as três variáveis de controlo que não apresentavam significância estatística em nenhuma das regressões, aplicando o teste de significância individual e excluindo-as por ordem decrescente do

valor p dos coeficientes apresentado nas diversas regressões: primeiro excluiu-se a taxa de emprego da população com idade entre 25 e 64 anos (TXEMP), posteriormente a despesa em I&D em percentagem do PIB (ID) e, por fim, excluiu-se a despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB (CPUB).

A especificação do modelo a estimar é, então, dada pela seguinte equação, (4):

$$\Delta \ln \text{PIB}r_{pc_t} = \alpha + \beta \text{EMP}_{jt} + \gamma \text{EDUC}_{kt} + \delta \text{INV}_t + \sigma \text{GAEE}_t + \lambda \ln \text{PIB}r_{pc_{t-1}} + \text{time} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Neste contexto, importa ainda salientar que se procurou também estimar o modelo dado pela equação (1) considerando as variáveis explicativas de emprego e educação desfasadas um período; todavia, tal não produziu resultados mais satisfatórios do que a estimação do modelo dado pela equação (4)<sup>6</sup>, pelo que se optou por manter a especificação do modelo acima apresentada.

Torna-se de seguida pertinente realizar alguns testes de diagnóstico ao modelo a estimar dado pela equação (4), de modo a aferir a robustez do modelo previamente à estimação do mesmo. Assim, aplicaram-se três testes ao modelo: o teste RESET de Ramsey, para verificar a especificação correta do modelo; o teste de White, para detetar a heteroscedasticidade do modelo; e o teste LM de Breush-Godfrey, para detetar autocorrelação dos erros. Os resultados dos três testes para o modelo estimado com cada uma das diferentes variáveis de emprego e de educação selecionadas encontram-se explicitados no quadro A.6 em anexo. Através da observação das conclusões obtidas é possível constatar que em todos os casos se verificou que a especificação do modelo é adequada, que o modelo é homoscedástico e que não existe autocorrelação dos erros no modelo.

Em suma, é possível afirmar que a especificação do modelo a estimar dada pela equação (4) é adequada, podendo então proceder-se à estimação do modelo utilizando como método de estimação o método OLS. Os resultados da estimação do modelo dado pela equação (4), bem como os indicadores sobre a capacidade explicativa de cada regressão, encontram-se explicitados no quadro 2 a seguir apresentado.

Através da observação dos resultados obtidos apresentados no quadro 2 é possível inferir que, de entre as quatro variáveis de emprego consideradas, apenas o emprego nas

---

<sup>6</sup> Os resultados da estimação do modelo considerando as variáveis explicativas de emprego e educação desfasadas um período revelam que, incluindo uma variável de tendência temporal e excluindo as variáveis de controlo TXEMP e ID que não apresentam significância estatística em nenhuma regressão, apenas as variáveis explicativas EMPcinf, EDUCdiplcmi e EDUCdesp apresentam significância estatística.

atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação (em percentagem do emprego total) (coluna (i)) e o emprego nas atividades de saúde humana e apoio social (em percentagem do emprego total) (coluna (iv)) são estatisticamente significativos, apresentando ambos coeficientes negativos. Com efeito, o impacto negativo observado do emprego nestes dois ramos de atividade no crescimento anual do PIB real *per capita*, bem como a ausência de significância estatística do emprego nas atividades profissionais, técnicas e científicas e nas atividades de serviços administrativos (em percentagem do emprego total) (coluna (ii)) e no setor da educação (em percentagem do emprego total) (coluna (iii)), permitem inferir que a economia portuguesa não tem beneficiado com a criação e expansão dos empregos associados à Quarta Revolução Industrial ao longo das duas últimas décadas. Procurando justificar tal facto, é possível supor que a estrutura produtiva portuguesa continua focada nos setores tradicionais, onde as baixas qualificações são ainda as mais procuradas, descurando os ramos de atividade associados à Quarta Revolução Industrial que agora surgem e que englobam um vasto conjunto de novas profissões desempenhadas por trabalhadores mais qualificados.

Relativamente à influência das variáveis de educação, apenas a variável referente aos anos médios de escolaridade secundária (em percentagem dos anos médios totais de escolaridade) (coluna (v)) é estatisticamente significativa, apresentando um coeficiente positivo. Com efeito, o impacto positivo desta variável no crescimento anual do PIB real *per capita* constitui um dado animador para Portugal, pois espelha o possível efeito favorável que a melhoria das qualificações da população portuguesa teve, ao longo das últimas duas décadas, no crescimento económico de Portugal, país que, em 2009, alargou a escolaridade obrigatória até à conclusão do ensino secundário (ou até que os jovens perfaçam 18 anos). Todavia, a ausência de significância estatística dos anos médios de escolaridade superior (em percentagem dos anos médios totais de escolaridade) (coluna (vi)), bem como da percentagem de diplomados nas áreas de Ciências, Matemática e Informática (coluna (vii)) e de Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção (coluna (viii)), parece constituir um forte indício de que a aposta no ensino superior em Portugal não teve, ao longo das últimas duas décadas, o retorno desejado em termos de crescimento da economia portuguesa, ao mesmo tempo que permite constatar que a qualificação superior em duas das áreas de educação e formação mais relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial não beneficia o crescimento da economia

portuguesa, o que não constitui um elemento de surpresa atendendo aos resultados obtidos com as variáveis de emprego acima analisados. Em acréscimo, a ausência de significância estatística da despesa pública em educação em percentagem do PIB (coluna (ix)) constitui um possível indício da premente necessidade de Portugal investir mais e melhor na educação das crianças e jovens a todos os níveis de ensino, a fim de conseguir melhorar as qualificações e competências da população portuguesa, aspetos cruciais no contexto da Quarta Revolução Industrial.

Passando agora à análise das variáveis de controlo incluídas no modelo, é possível observar que a taxa de investimento (INV) é estatisticamente significativa em todas as regressões, enquanto o grau de abertura da economia ao exterior (GAEE) apenas não é estatisticamente significativo em duas regressões (colunas (iii) e (ix)), apresentando ambas as variáveis coeficientes positivos em todas as regressões. Tal impacto positivo de ambas as variáveis no crescimento anual do PIB real *per capita* vai ao encontro das previsões teóricas enunciadas anteriormente e permite constatar que, independentemente da variável explicativa de emprego ou educação considerada em cada regressão, quer a FBCF quer as trocas de bens e serviços com o exterior em percentagem do PIB contribuíram favoravelmente para o crescimento da economia portuguesa ao longo das últimas duas décadas. Relativamente ao logaritmo do PIB real *per capita* desfasado um período, é possível observar que esta variável é estatisticamente significativa em todas as regressões, apresentando sempre coeficientes negativos, o que permite corroborar a ideia de convergência descrita na literatura anteriormente referida.

Por fim, quanto à variável de tendência temporal (time), é possível inferir que esta apenas apresenta significância estatística em três regressões (colunas (i), (iv) e (v)), precisamente as regressões nas quais as variáveis explicativas de emprego ou educação são estatisticamente significativas, sendo o coeficiente da variável de tendência temporal positivo nas duas regressões das variáveis explicativas de emprego e negativo na regressão da variável de educação.

Em acréscimo, importa ainda denotar que, atendendo à informação sobre a capacidade explicativa de cada regressão explicitada no quadro 2, é possível constatar que a regressão com melhor capacidade explicativa é a regressão cuja variável explicativa é o emprego nas atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação (em percentagem do emprego total) (coluna (i)),

seguida da regressão cuja variável explicativa é o emprego nas atividades de saúde humana e apoio social (em percentagem do emprego total) (coluna (iv)).

Em suma, atendendo às conclusões obtidas com a estimação do modelo dado pela equação (4), é possível salientar que tais resultados não foram tão satisfatórios como inicialmente era expectável, pois algumas das variáveis explicativas incluídas no modelo, quer principais quer de controlo, não apresentaram significância estatística e, ao mesmo tempo, alguns dos coeficientes apresentaram valores e/ou sinais difíceis de interpretar. Com efeito, a explicação para tais circunstâncias pode residir no facto de o modelo apresentar algumas limitações ao nível econométrico, dada a reduzida variabilidade temporal das variáveis explicativas principais e também a reduzida dimensão da amostra considerada, fruto sobretudo da indisponibilidade de dados para as variáveis explicativas de emprego e educação consideradas.

**Quadro 2.** Resultados da estimação do modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (4)

Variáveis	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(vii)	(viii)	(ix)
<b>EMPcinf<sub>t</sub></b>	-18,8446*** (5,56724)								
<b>EMPcientad<sub>t</sub></b>		0,269985 (1,51257)							
<b>EMPeduc<sub>t</sub></b>			-2,20696 (1,78698)						
<b>EMPsasoc<sub>t</sub></b>				-4,48912** (1,74016)					
<b>EDUCsec<sub>t</sub></b>					4,42706** (1,67899)				
<b>EDUCsup<sub>t</sub></b>						-0,266959 (0,629340)			
<b>EDUCdiplcmi<sub>t</sub></b>							-0,789676 (0,560523)		
<b>EDUCdiplcic<sub>t</sub></b>								-0,00397875 (0,138162)	
<b>EDUCdesp<sub>t</sub></b>									-1,59349 (1,34496)
<b>INV<sub>t</sub></b>	0,946911*** (0,193607)	0,883305** (0,342915)	0,974061*** (0,251169)	0,853814*** (0,216470)	1,01142*** (0,215883)	0,921457*** (0,259270)	0,888559*** (0,245395)	0,925279*** (0,271764)	1,12047*** (0,299367)
<b>GAAE<sub>t</sub></b>	0,260364*** (0,0814835)	0,306537** (0,122136)	0,213611 (0,123361)	0,211755** (0,0955216)	0,291477*** (0,0890591)	0,311653** (0,113877)	0,299606** (0,101960)	0,295992** (0,111162)	0,187059 (0,139056)
<b>lnPIBrpct<sub>t-1</sub></b>	-0,710502*** (0,114703)	-0,414200** (0,155362)	-0,507805*** (0,119176)	-0,593849*** (0,108775)	-0,530428*** (0,0960071)	-0,397006** (0,138824)	-0,485586*** (0,108022)	-0,434774*** (0,111463)	-0,548627*** (0,125762)
<b>time</b>	0,0115426** (0,00396366)	0,000173213 (0,00736687)	0,00443247 (0,00414021)	0,0102969** (0,00449714)	-0,0123083* (0,00589957)	0,00104756 (0,00351139)	0,00218142 (0,00330092)	0,00137748 (0,00378644)	0,00472046 (0,00437065)
<b>constante</b>	6,49770*** (1,09175)	3,61370** (1,50659)	4,67265*** (1,18633)	5,61552*** (1,08717)	2,76219*** (0,918058)	3,47095** (1,28896)	4,36113*** (1,02362)	3,82019*** (1,04086)	4,70151*** (1,22170)
<b>N.º observações</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0,913944	0,843870	0,858889	0,893934	0,895440	0,845501	0,862945	0,843524	0,857775
<b>Valor P(F)</b>	6,74e-08	4,05e-06	2,03e-06	2,85e-07	2,58e-07	3,77e-06	1,66e-06	4,11e-06	2,14e-06
<b>Critério de Akaike</b>	-140,0585	-128,1448	-130,1676	-135,8773	-136,1632	-128,3548	-130,5847	-128,1005	-130,0104
<b>Critério de Schwarz</b>	-134,0841	-122,1704	-124,1932	-129,9029	-130,1889	-122,3804	-124,7765	-122,1261	-124,0360
<b>Critério de Hannan-Quinn</b>	-138,8922	-126,9785	-129,0013	-134,7110	-134,9970	-127,1885	-129,5847	-126,9343	-128,8441

**Notas:** Os valores entre parênteses correspondem aos erros padrão. \*\*\*, \*\* e \* designam que os coeficientes são estatisticamente significativos ao nível de 1%, 5% e 10%, respetivamente.

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRETLL

## 4.2. O crescimento económico da UE15: modelo empírico e resultados

Após a constatação de que os resultados obtidos com a estimação do modelo empírico com dados temporais para Portugal, anteriormente apresentado, foram pouco satisfatórios, procurou-se então ampliar a dimensão da amostra, passando a incluir os países da UE15<sup>7</sup>, e construir assim um modelo com dados em painel com um objetivo idêntico ao do anterior modelo: procurar analisar o possível impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento económico dos países da UE15 ao longo das últimas duas décadas.

Com efeito, de forma a analisar os efeitos de crescimento e reduzir o efeito do ciclo económico, construiu-se então um modelo com dados em painel quinquenais, cuja especificação base é dada pela seguinte equação, (5):

$$\Delta \ln \text{PIBqrpc}_{i,\tau} = \alpha + \beta \text{EMPq}(J)_{i,\tau-1} + \gamma \text{EDUCq}(K)_{i,\tau-1} + \mu \text{CPUBq}_{i,\tau} + \delta \text{INVq}_{i,\tau} + \sigma \text{GAEEq}_{i,\tau} + \theta \text{IDq}_{i,\tau-1} + \lambda \ln \text{PIBqrpc}_{i,\tau-1} + \varepsilon_{i,\tau} \quad (5)$$

Na equação (5),  $\Delta \ln \text{PIBqrpc}$  corresponde então à taxa média de crescimento anual do PIB real *per capita* para cada um dos quinquénios entre 1995 e 2015,  $\text{EMPq}$  corresponde ao valor para o início de cada quinquénio do emprego no ramo de atividade J em percentagem do emprego total e  $\text{EDUCq}$  corresponde ao valor para o início de cada quinquénio das K variáveis que pretendem captar as melhorias nas qualificações dos trabalhadores, obtidas através do sistema de ensino. Quanto às cinco variáveis de controlo,  $\text{CPUBq}$ ,  $\text{INVq}$  e  $\text{GAEEq}$  correspondem à média aritmética dos valores para cada quinquénio da despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB, da taxa de investimento e do grau de abertura da economia ao exterior, respetivamente;  $\text{IDq}$  corresponde ao valor para o início de cada quinquénio da despesa em I&D em percentagem do PIB; e  $\ln \text{PIBqrpc}$  corresponde ao valor para o início de cada quinquénio do logaritmo do PIB real *per capita*. Por fim,  $\alpha$  representa o termo constante e  $\varepsilon$  representa o termo de erro, o índice  $i=1, \dots, 15$  representa os países da amostra e o índice  $\tau=1, \dots, 4$  representa os quinquénios da amostra (1995-2000, 2000-05, 2005-10 e 2010-15).

Quanto às variáveis de emprego e educação, estas são as mesmas do modelo com dados temporais para Portugal, embora duas das variáveis de educação tenham sido excluídas do modelo com dados em painel devido à indisponibilidade de dados relativos ao número de

---

<sup>7</sup> UE15 é a sigla utilizada para designar os 15 primeiros Estados-Membros que aderiram à UE, sendo eles: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Reino Unido e Suécia.



diplomados por área de educação e formação para os países da UE15. Assim, o modelo inclui o emprego em quatro ramos de atividade relevantes neste contexto (em percentagem do emprego total): nas atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação (EMPqcinf), nas atividades profissionais, técnicas e científicas e nas atividades de serviços administrativos (EMPqcientad), no setor da educação (EMPqeduc) e nas atividades de saúde humana e apoio social (EMPqsasoc). Quanto à educação, o modelo inclui os anos médios de escolaridade quer secundária (EDUCqsec) quer superior (EDUCqsup) em percentagem dos anos médios totais de escolaridade (da população com mais de 15 anos), e também a despesa pública em educação em percentagem do PIB (EDUCqdesp).

As variáveis bem como a sua designação e respetivas fontes encontram-se explicitadas no quadro A.7 em anexo. A análise com dados em painel será realizada com recurso novamente ao *software* econométrico GRETL.

Com o intuito de escolher qual o método de estimação mais adequado para estimar o modelo dado pela equação (5), realizaram-se então três testes diagnósticos de painel: o teste F, o teste de Breusch-Pagan e o teste de Hausman. Os resultados dos três testes para o modelo estimado com cada uma das diferentes variáveis de emprego e de educação selecionadas encontram-se explicitados no quadro A.8 em anexo. Através da observação das conclusões obtidas é possível constatar que para todas as regressões se verificou que o método de estimação com efeitos fixos era o mais adequado para estimar o modelo, pelo que se procedeu à estimação do mesmo. Os resultados da estimação de efeitos fixos com erros padrão robustos do modelo dado pela equação (5) encontram-se explicitados no quadro 3 a seguir apresentado.

Através da observação dos resultados obtidos apresentados no quadro 3 é possível constatar que apenas duas das variáveis de emprego selecionadas são estatisticamente significativas: o emprego nas atividades profissionais, técnicas e científicas e nas atividades de serviços administrativos (em percentagem do emprego total) (coluna (ii)) e o emprego nas atividades de saúde humana e apoio social (em percentagem do emprego total) (coluna (iv)), apresentando ambas coeficientes positivos. Com efeito, o impacto positivo destas duas variáveis no crescimento anual do PIB real *per capita* para cada um dos quinquénios entre 1995 e 2015, que contrasta com os resultados obtidos com dados temporais para Portugal, constitui um dado animador e revelador de que no conjunto dos países da UE15 o emprego nestes dois ramos de atividade tem contribuído favoravelmente para o crescimento económico dos países ao longo das últimas duas décadas. Todavia, a ausência de significância estatística

do emprego nas atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação (em percentagem do emprego total) (coluna (i)) e do emprego no setor da educação (em percentagem do emprego total) (coluna (iii)) tornam, ainda assim, os resultados obtidos um pouco insatisfatórios.

Relativamente à influência das variáveis de educação, através da observação dos resultados obtidos é possível constatar a ausência de significância estatística tanto dos anos médios de escolaridade quer secundária (coluna (v)) quer superior (coluna (vi)) (em percentagem dos anos médios totais de escolaridade) como também da despesa pública em educação em percentagem do PIB (coluna (viii)) no crescimento anual do PIB real *per capita*, o que constitui um dado pouco animador e satisfatório.

Quanto às variáveis de controlo incluídas no modelo, apenas o grau de abertura da economia ao exterior (GAEE) é estatisticamente significativo em todas as regressões, apresentando sempre coeficientes positivos, o que vai ao encontro das previsões teóricas enunciadas anteriormente e reforça o contributo favorável das trocas de bens e serviços com o exterior para o crescimento anual do PIB real *per capita* dos países da UE15. No caso da despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB (CPUB), surpreendentemente esta variável apenas é estatisticamente significativa na regressão da variável EMPqsasoc (coluna (iv)), onde apresenta um coeficiente negativo, o que permite salientar o impacto negativo desta variável no crescimento anual do PIB real *per capita*, corroborado na literatura económica supracitada. Também a despesa em I&D em percentagem do PIB (ID) apenas é estatisticamente significativa na regressão da variável EMPqsasoc (coluna (iv)), o que não deixa de ser também surpreendente, apresentando um coeficiente positivo, o que vai também ao encontro da literatura supracitada. Já no caso da taxa de investimento, esta apenas é estatisticamente significativa na regressão da variável EDUCdesp (coluna (vii)), onde apresenta um coeficiente negativo. Por fim, o logaritmo do PIB real *per capita* para o início de cada quinquénio é estatisticamente significativo em todas as regressões consideradas, apresentando sempre coeficientes negativos, o que mais uma vez permite corroborar a ideia de convergência descrita na literatura.

Com efeito, importa ainda salientar que, atendendo à informação sobre a capacidade explicativa de cada uma das regressões presente no quadro 3, é possível constatar que a melhor regressão de acordo com os resultados dos critérios de informação é a regressão cuja variável explicativa é o emprego nas atividades de saúde humana e apoio social (em percentagem do emprego total) (coluna (iv)).

**Quadro 3.** Resultados da estimação do modelo com dados em painel para a UE15 dado pela equação (5)

Variáveis	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(vii)
<b>EMPqcinfi<sub>i,t-1</sub></b>	-0,110805 (1,04093)						
<b>EMPqcientad<sub>i,t-1</sub></b>		0,300136** (0,130769)					
<b>EMPqeduc<sub>i,t-1</sub></b>			0,304961 (0,290649)				
<b>EMPqsasoc<sub>i,t-1</sub></b>				0,693277* (0,351980)			
<b>EDUCqsec<sub>i,t-1</sub></b>					-0,00710086 (0,0539544)		
<b>EDUCqsup<sub>i,t-1</sub></b>						-0,0470142 (0,345769)	
<b>EDUCqdesp<sub>i,t-1</sub></b>							-0,100560 (0,244459)
<b>CPUBq<sub>i,t</sub></b>	-0,0615719 (0,0939049)	-0,0964731 (0,113390)	-0,0814533 (0,103829)	-0,257126** (0,107384)	-0,164869 (0,146706)	-0,161939 (0,159042)	-0,188798 (0,138953)
<b>INVq<sub>i,t</sub></b>	-0,00382816 (0,109206)	-0,0186480 (0,108488)	0,0169631 (0,108464)	0,0511139 (0,101350)	-0,00295806 (0,107823)	-0,00293191 (0,109157)	-0,107581** (0,0439588)
<b>GAEEqq<sub>i,t</sub></b>	0,0851291*** (0,0229937)	0,0723409*** (0,0217217)	0,0823638*** (0,0169067)	0,0553589** (0,0214301)	0,0859925*** (0,0198597)	0,0874360*** (0,0228394)	0,118680*** (0,0260233)
<b>ID<sub>i,t-1</sub></b>	1,10289 (0,634965)	0,787287 (0,628363)	1,06967 (0,647658)	1,07496* (0,503223)	0,662729 (0,628845)	0,657659 (0,607453)	0,00634271 (0,546227)
<b>lnPIBqrpc<sub>i,t-1</sub></b>	-0,140585*** (0,0217786)	-0,159662*** (0,0151875)	-0,142485*** (0,0168632)	-0,146017*** (0,0148852)	-0,124570*** (0,0136625)	-0,124214*** (0,0109400)	-0,131041*** (0,00861971)
<b>constante</b>	1,39819*** (0,212000)	1,59219*** (0,130319)	1,39917*** (0,147937)	1,43800*** (0,140143)	1,26089*** (0,0970433)	1,25529*** (0,0848122)	1,35119*** (0,0850164)
<b>N.º observações</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>49</b>
<b>Dentro R<sup>2</sup></b>	<b>0,797554</b>	<b>0,811103</b>	<b>0,799811</b>	<b>0,822897</b>	<b>0,800077</b>	<b>0,800148</b>	<b>0,850764</b>
<b>Critério de Akaike</b>	<b>-346,2468</b>	<b>-350,1258</b>	<b>-346,8745</b>	<b>-353,7362</b>	<b>-349,9184</b>	<b>-349,9386</b>	<b>-315,2485</b>
<b>Critério de Schwarz</b>	<b>-303,7144</b>	<b>-307,5935</b>	<b>-304,3421</b>	<b>-311,2039</b>	<b>-307,0143</b>	<b>-307,0345</b>	<b>-277,4121</b>
<b>Critério de Hannan-Quinn</b>	<b>-329,7571</b>	<b>-333,6361</b>	<b>-330,3848</b>	<b>-337,2465</b>	<b>-333,2444</b>	<b>-333,2646</b>	<b>-300,8934</b>

**Notas:** Os valores entre parênteses correspondem aos erros padrão. \*\*\*, \*\* e \* designam que os coeficientes são estatisticamente significativos ao nível de 1%, 5% e 10%, respetivamente.

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRET

## 5. Conclusão

O presente trabalho de projeto procurou contribuir para a discussão das temáticas sobre emprego, educação e crescimento económico em Portugal no contexto da Quarta Revolução Industrial. Tendo como ponto de partida a recente literatura versada sobre o tema, a análise da evolução de indicadores relativos ao emprego setorial em Portugal nas últimas duas décadas em diferentes ramos de atividade económica revelou que, quer no setor da indústria, quer no setor da construção, a diminuição do emprego foi significativa, contrastando com o verificado em alguns dos ramos de atividade mais correntemente citados na literatura como relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial, onde o emprego sofreu um acréscimo. Com efeito, tal evolução permite constatar que o emprego declinou principalmente em profissões desempenhadas por trabalhadores menos qualificados, enquanto os principais acréscimos se verificaram maioritariamente em profissões desempenhadas por trabalhadores mais qualificados, o que coloca o foco na necessidade de melhorar as qualificações da população portuguesa, que nas últimas duas décadas evoluiu favoravelmente nesse sentido, embora tal melhoria seja ainda assim modesta, quando comparada, por exemplo, com outros países da UE.

Em acréscimo, a estimação de um modelo com dados temporais para Portugal com o intuito de analisar qual a relação entre indicadores de emprego e educação relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial e o crescimento da economia portuguesa não produziu resultados tão satisfatórios como inicialmente era expectável atendendo, por exemplo, à evolução favorável destes indicadores retratada na primeira parte do trabalho. Com efeito, dos quatro indicadores de emprego analisados, apenas dois se revelaram estatisticamente significativos, apresentando ambos um impacto negativo na taxa de crescimento anual do PIB real *per capita*. Já no caso dos indicadores de educação, apenas os anos médios de escolaridade secundária se revelaram estatisticamente significativos, apresentando um impacto positivo, um resultado animador e favorável para Portugal, contrastante com a ausência de significância estatística dos anos médios de escolaridade superior bem como da percentagem de diplomados em duas das áreas de educação e formação mais relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial; em acréscimo, também a ausência de significância estatística da despesa pública em educação em percentagem do PIB constitui um dado pouco animador para a economia portuguesa. Com efeito, os resultados da estimação do modelo com dados em painel para os países da UE15 revelaram-se mais animadores no que diz respeito aos indicadores de emprego

considerados, com o emprego em dois dos ramos de atividade considerados a apresentar um impacto positivo na taxa de crescimento anual do PIB real *per capita* para cada um dos quinquênios entre 1995 e 2015; todavia, verificou-se ainda assim a ausência de significância estatística dos outros dois indicadores de emprego, e também dos três indicadores de educação considerados, ficando portanto os resultados do modelo com dados em painel aquém do expectável.

Assim, e em jeito de conclusão, é possível afirmar que o desfavorável e insatisfatório impacto demonstrado pelos indicadores de emprego e educação relevantes no atual contexto no crescimento da economia portuguesa permite corroborar a ideia de que Portugal tem ainda um longo caminho a percorrer para poder beneficiar da Quarta Revolução Industrial. Testemunhar somente acentuados declínios do emprego nos setores de atividade económica suscetíveis de sofrerem o impacto negativo da automação ou da inteligência artificial, como a indústria ou a construção, sem conseguir ao mesmo tempo contrabalançar esse declínio criando novos empregos em novos setores em expansão no contexto da Quarta Revolução Industrial é exatamente o caminho que a economia portuguesa deve evitar percorrer, tendo para isso necessariamente de qualificar os atuais e futuros trabalhadores para o desempenho das novas tarefas que surgirão no contexto desta nova revolução industrial.

Com efeito, apostar na introdução de políticas mais eficazes de incentivo ao ingresso no ensino superior ou, em alternativa, à participação em cursos profissionais no ensino secundário vocacionados para as áreas de formação relevantes no atual contexto, poderá auxiliar a melhoria das qualificações e competências da população; não obstante, é também importante não descuidar a necessidade de financiar mais e melhor os sistemas de ensino para que os estudantes adquiram conhecimentos e competências que lhes permitam singrar no mercado de trabalho no futuro. Ao mesmo tempo, é premente incentivar as instituições públicas e as empresas a apostar na formação contínua dos seus trabalhadores, para que estes detenham permanentemente as competências necessárias para o desempenho de novas tarefas que surgirão. Em acréscimo, é também importante incentivar empresários a apostar no desenvolvimento de atividades económicas nos setores mais relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial, por exemplo, através da concessão de benefícios fiscais às empresas.

Por fim, pela novidade associada ao conceito de Quarta Revolução Industrial, existem ainda inúmeras oportunidades de investigação futura neste âmbito. Relativamente

à questão do emprego e da educação, considero que seria interessante explorar o modo como homens e mulheres poderão beneficiar de (des)igual modo da Quarta Revolução Industrial, quer em termos de participação no mercado de trabalho e empregabilidade nos ramos de atividade relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial, quer em termos de aquisição de habilitações, procurando assim averiguar a possibilidade de existência de desigualdades de género neste âmbito, não só em Portugal como num conjunto mais alargado de países. Relativamente ao impacto da Quarta Revolução Industrial no crescimento económico dos diferentes países, considero que seria pertinente analisar os resultados da estimação do modelo empírico para cada país, por exemplo, da União Europeia, individualmente, possibilitando assim uma reflexão sobre o modo como diferentes países estarão, ou não, a beneficiar de modo diferente da Quarta Revolução Industrial.

## Lista de referências bibliográficas

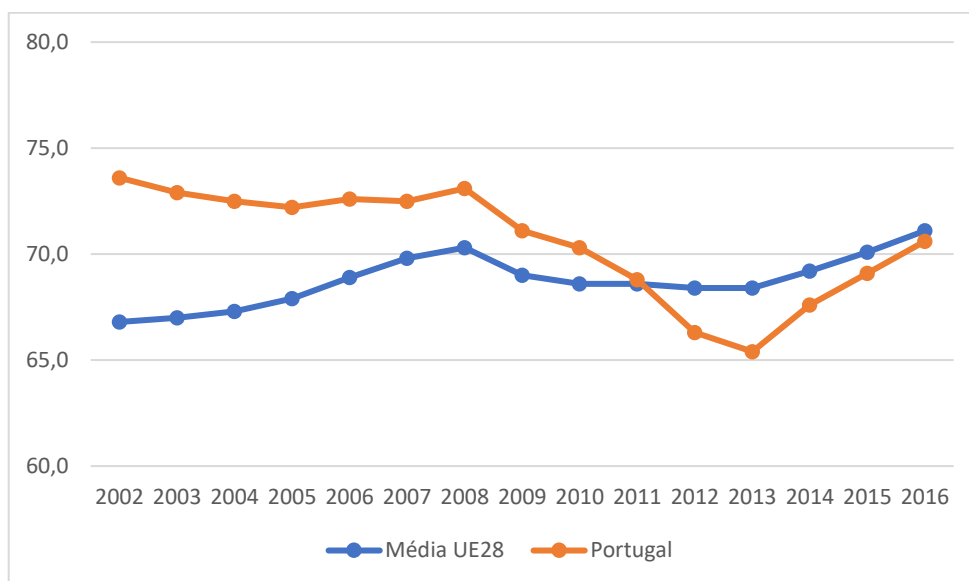
- Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2017) “Low-Skill and High-Skill Automation”. *NBER Working Paper* 24119. Cambridge, Mass.
- Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2018) “Artificial Intelligence, Automation and Work”. *MIT Department of Economics Working Paper* No.18-01. Cambridge, Mass.
- Aghion, P.; Howitt, P. (1992) “A Model of Growth Through Creative Destruction”. *Econometrica*. 60 (2), 323-351.
- Aghion, P.; Jones, B.; Jones, C. (2017) “Artificial Intelligence and Economic Growth”. *NBER Working Paper* 23928. Cambridge, Mass.
- Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A. (2018) “Economic Policy for Artificial Intelligence”. *NBER Working Paper* 24690. Cambridge, Mass.
- Barro, R. J.; Sala-i-Martin, X. (1992) “Convergence”. *Journal of Political Economy*. 100 (2), 223-251.
- Barro, R. J. (2003) “Determinants of Economic Growth in a Panel of Countries”. *Journal of Economics and Finance*. 274, 231-274.
- Berger, T.; Frey, C. (2015) “Industrial Renewal in the 21st Century: Evidence from US Cities”. *Regional Studies*. 51 (3), 404-413.
- Bessen, J. (2017) “AI and Jobs: The Role of Demand”. *Boston University School of Law, Law & Economics Paper* No. 17-46. Boston.
- Ciccone, A.; Jarocinski, M. (2010) “Determinants of Economic Growth: Will Data Tell?”. *American Economic Journal: Macroeconomics*. 2 (4), 222-246.
- Frey, C.; Osborne, M. (2013) “The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?”. *Oxford Martin Programme on Technology and Employment*. Oxford.
- Furman, J. (2018) “Should We Be Reassured If Automation in the Future Looks Like Automation in the Past?” in Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A. (eds.) *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. Chicago: University of Chicago Press.
- Goolsbee, A. (2018) “Public Policy in an AI Economy”. *NBER Working Paper* 24653. Cambridge, Mass.
- Greene, W. (2007) *Econometric Analysis – Sixth Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Gujarati, D. (2003) *Basic Economics – Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hulten, C. (2017) “The Importance of Education and Skill Development for Economic Growth in the Information Era”. *NBER Working Paper* 24141. Cambridge, Mass.
- INE (2007) *Classificação Portuguesa das Atividades Económicas Rev.3*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- ILO (2016) “Technological Changes and Work in the Future: Making Technology Work for All”. *The Future of Work Centenary Initiative* No.1. Geneva.
- Keynes, J. (1932) *Essays in Persuasion*, New York: Harcourt, Brace and Company.
- Kuruczleki, E.; Pelle, A.; Laczi, R.; Fekete, B. (2016) “The Readiness of the European Union to Embrace the Fourth Industrial Revolution” *Management*. 11 (4), 327-347.
- MacCrory, F.; Westerman, G.; Alhammad, Y.; Brynjolfsson, E. (2014) “Racing With and Against the Machine: Changes in Occupational Skill Composition in an Era of Rapid Technological Advance” in *International Conference on Information Systems (ICIS) 2014*. Auckland, New Zealand 14-17 de dezembro de 2014. New York: Curran Associates, Inc.
- Mateus, A. (coord.) (2015) *Três Décadas de Portugal Europeu: Balanço e Perspetivas*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.

- Mokyr, J.; Vickers, C.; Ziebarth, N. (2015) “The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?” *Journal of Economic Perspectives*. 29 (3), 31-50.
- Moral-Benito, E. (2012) “Determinants of Economic Growth: A Bayesian Panel Data Approach” *The Review of Economics and Statistics*. 94, 566-579.
- Nordhaus, W. (2015) “Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth”. *NBER Working Paper* 21547. Cambridge, Mass.
- Nusair, S. (2003) “Testing the Validity of Purchasing Power Parity for Asian Countries During the Current Float”. *Journal of Economic Development*. 28 (2), 129-147.
- OECD (2016) *Trends Shaping Education 2016*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017) *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, Revised Edition*. Paris: OCDE Publishing.
- Schwab, K. (2017) *The Fourth Industrial Revolution*, Great Britain: Penguin Books.
- Schwert, G. (1989) “Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation” *Journal of Business & Economic Statistics*. 7 (2), 147-159.
- Scientix Blog (2017) “The (unknown) Impact of the Fourth Industrial Revolution in Education” <http://blog.scientix.eu/2017/07/the-unknown-impact-of-the-fourth-industrial-revolution-in-education/> [2 de março de 2017].
- Teixeira, A. (2005) “Measuring Aggregate Human Capital in Portugal: 1960-2001”. *Portuguese Journal of Social Science*. 4 (2), 101-120.
- Trajtenberg, M. (2017) “AI as the next GPT: A Political-Economy Perspective”. *NBER Working Paper* 24245. Cambridge, Mass.
- WEF (2016) *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- WEF (2017) *Realizing Human Potential in the Fourth Industrial Revolution: An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work*. Geneva: World Economic Forum.



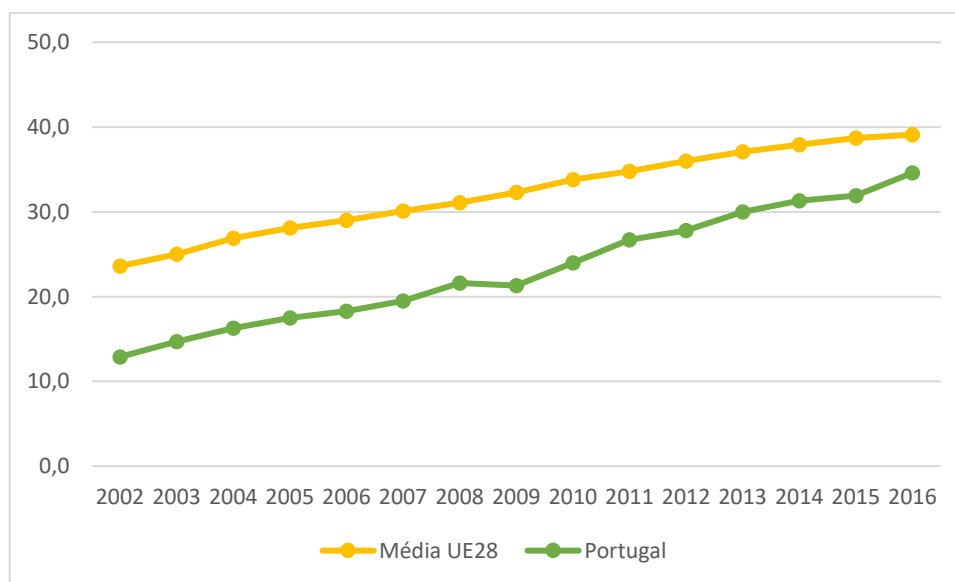
## Anexos

**Figura A.1.** Taxa de emprego da população com idade entre 20 e 64 anos: Portugal e média da UE28, 2002-16



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do Eurostat

**Figura A.2.** Percentagem da população com idade entre 30 e 34 anos que completou o ensino superior: Portugal e média da UE28, 2002-16



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do Eurostat

**Quadro A.1.** Pessoal ao serviço nas empresas por atividade económica em Portugal, 2004-16

Atividade Económica		2004		2016		Variação Relativa (%Total)
Total		3 670 147		3 704 740		
Classe CAE-Rev.3	Designação	N.º	%Total	N.º	%Total	
<b>6910</b>	Atividades jurídicas e dos cartórios notariais	28 088	0,007653	33 579	0,009064	18,43%
<b>6920</b>	Atividades de contabilidade e auditoria; consultoria fiscal	46 952	0,012793	50 043	0,013508	5,59%
<b>7010</b>	Atividades das sedes sociais	926	0,000252	5 840	0,001576	524,78%
<b>7021</b>	Atividades de relações públicas e comunicação	280	0,000076	939	0,000253	232,23%
<b>7022</b>	Outras atividades de consultoria para os negócios e a gestão	30 291	0,008253	50 621	0,013664	65,56%
<b>7111</b>	Atividades de arquitetura	12 420	0,003384	11 965	0,003230	-4,56%
<b>7112</b>	Atividades de engenharia e técnicas afins	39 428	0,010743	34 300	0,009258	-13,82%
<b>7120</b>	Atividades de ensaios e análises técnicas	4 008	0,001092	5 393	0,001456	33,30%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do INE

**Quadro A.2.** Descrição das variáveis incluídas no modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (1) e respetivas fontes

Variável	Descrição	Fonte
$\Delta \ln \text{PIBrpc}$	Taxa de crescimento anual do PIB real <i>per capita</i>	AMECO
EMPCinf	Indivíduos totais no ramo das atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
EMPCientad	Indivíduos totais no ramo das atividades profissionais, técnicas e científicas e das atividades de serviços administrativos, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
EMPeduc	Indivíduos totais no ramo de atividade da educação, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
EMPsasoc	Indivíduos totais no ramo das atividades de saúde humana e apoio social, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
EDUCsec	Anos médios de escolaridade secundária da população com mais de 15 anos, em percentagem dos anos médios totais de escolaridade da população com mais de 15 anos	Teixeira (2005)
EDUCsup	Anos médios de escolaridade superior da população com mais de 15 anos, em percentagem dos anos médios totais de escolaridade da população com mais de 15 anos	Teixeira (2005)
EDUCdiplcmi	Diplomados na área de educação e formação de Ciências, Matemática e Informática, em percentagem do total de diplomados	DGEEC
EDUCdiplcic	Diplomados na área de educação e formação de Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção, em percentagem do total de diplomados	DGEEC
EDUCdesp	Despesa pública em educação em percentagem do PIB	Banco Mundial
CPUB	Despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB	AMECO
INV	Taxa de investimento (rácio entre a FBCF e o PIB)	AMECO
GAEE	Grau de abertura da economia ao exterior (rácio entre a soma das importações com as exportações e o PIB)	AMECO
ID	Despesa em I&D em percentagem do PIB	Eurostat
TXEMP	Taxa de emprego da população com idade entre 20 e 64 anos	Eurostat

Fonte: Elaborado pela autora

**Quadro A.3.** Estatísticas descritivas das variáveis incluídas no modelo com dados temporais para Portugal dado pela equação (1)

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
$\Delta \ln \text{PIBrpc}$	0,009849	0,01394	0,02202	-0,03705	0,04175
EMPcinf	0,005543	0,004684	0,002449	0,003025	0,01024
EMPcientad	0,08365	0,08284	0,01479	0,06333	0,1101
EMPeduc	0,06303	0,06170	0,003156	0,05875	0,06962
EMPsasoc	0,06396	0,06247	0,009289	0,05307	0,08053
EDUCsec	0,447	0,4810	0,02306	0,4233	0,5104
EDUCsup	0,08276	0,08698	0,009693	0,05994	0,09203
EDUCdiplmi	0,06717	0,06660	0,007186	0,05600	0,07992
EDUCdiplcic	0,1556	0,1425	0,02952	0,1168	0,2028
EDUCdesp	0,05105	0,05121	0,002182	0,04613	0,05562
CPUB	0,1997	0,2018	0,007116	0,1877	0,2139
INV	0,2151	0,2213	0,03464	0,1526	0,2596
GAEE	0,6212	0,6027	0,09933	0,4665	0,8316
ID	0,009833	0,007600	0,003705	0,005200	0,1580
TXEMP	0,7074	0,7220	0,02610	0,6540	0,7400

Fonte: Elaborado pela autora com recurso ao GRETL

**Quadro A.4.** Resultados do teste ADF para o modelo dado pela equação (1)

Variável	Estatística do teste	Valor p	Conclusão do teste
$\Delta \ln \text{PIBrpc}$	-2,46188	0,1396	Não estacionária
EMPCinf	-1,22311	0,8773	Não estacionária
$\Delta \text{EMPCinf}$	-3,92924	0,03133	Estacionária
EMPCientad	-2,59876	0,2809	Não estacionária
$\Delta \text{EMPCientad}$	-4,01046	0,00842	Estacionária
EMPeduc	-0,985778	0,7375	Não estacionária
$\Delta \text{EMPeduc}$	-2,38943	0,1447	Não estacionária
EMPsasoc	-1,79223	0,6702	Não estacionária
$\Delta \text{EMPsasoc}$	-3,62176	0,05489	Não estacionária
EDUCsec	-0,487168	0,9842	Não estacionária
$\Delta \text{EDUCsec}$	-31,8642	0,0001	Estacionária
EDUCsup	-5,82195	3,174e-007	Estacionária
$\Delta \text{EDUCsup}$	-1,83541	0,3533	Não estacionária
EDUCdiplemi	-0,876541	0,7729	Não estacionária
$\Delta \text{EDUCdiplemi}$	-3,93698	0,001785	Estacionária
EDUCdipleic	-1,14062	0,6769	Não estacionária
$\Delta \text{EDUCdipleic}$	-3,35785	0,02716	Estacionária
EDUCdesp	-4,32936	0,003294	Estacionária
$\Delta \text{EDUCdesp}$	-4,16676	0,0007478	Estacionária
CPUB	-1,51604	0,5051	Não estacionária
$\Delta \text{CPUB}$	-4,27603	0,003967	Estacionária
INV	-1,53883	0,514	Não estacionária
$\Delta \text{INV}$	-3,19644	0,02022	Estacionária
GAEE	-1,35238	0,8433	Não estacionária
$\Delta \text{GAEE}$	-4,0102	0,02693	Estacionária
ID	-1,7125	0,4249	Não estacionária
$\Delta \text{ID}$	-1,79495	0,3714	Não estacionária
TXEMP	-2,21353	0,2015	Não estacionária
$\Delta \text{TXEMP}$	-2,44624	0,1433	Não estacionária

**Notas:** Atendendo à regra de Schwert (1989) dada por  $\text{int}[4x(T/100)^{1/4}]$ , onde T é a dimensão da amostra, todos os testes foram realizados com a ordem de desfasamento 3. Através da análise gráfica de todas as variáveis incluídas no modelo, foi possível verificar que as variáveis EMPCinf, EMPCientad, EMPSasoc, EDUCsec e GAEE apresentam uma tendência crescente bem definida ao longo do período considerado, algo que foi tido em conta aquando da realização dos testes. O critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de não estacionaridade da série caso o valor p seja superior a 5% (isto é, 0,05).

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRETL

**Quadro A.5.** Resultados do teste KPSS para o modelo dado pela equação (1)

Variável	Estatística do teste	Valor crítico			Conclusão do teste
		10%	5%	1%	
$\Delta \ln \text{PIB}_{\text{rpc}}$	0,37889	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 5%
$\text{EMP}_{\text{cinf}}$	0,172451	0,124	0,150	0,206	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{EMP}_{\text{cinf}}$	0,0984573	0,124	0,150	0,205	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EMP}_{\text{cientad}}$	0,126142	0,124	0,150	0,206	Estacionária ao nível de 5%
$\Delta \text{EMP}_{\text{cientad}}$	0,0766051	0,124	0,150	0,205	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EMP}_{\text{educ}}$	0,532085	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{EMP}_{\text{educ}}$	0,0853073	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EMP}_{\text{sasoc}}$	0,165276	0,124	0,150	0,206	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{EMP}_{\text{sasoc}}$	0,0909049	0,124	0,150	0,205	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EDUC}_{\text{sec}}$	0,163469	0,124	0,150	0,206	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{EDUC}_{\text{sec}}$	0,12633	0,124	0,150	0,205	Estacionária ao nível de 5%
$\text{EDUC}_{\text{sup}}$	0,383004	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 5%
$\Delta \text{EDUC}_{\text{sup}}$	0,310393	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EDUC}_{\text{diplmi}}$	0,455811	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 5%
$\Delta \text{EDUC}_{\text{diplmi}}$	0,296207	0,358	0,462	0,692	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EDUC}_{\text{diplc}}$	0,517652	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{EDUC}_{\text{diplc}}$	0,0982433	0,358	0,462	0,692	Estacionária ao nível de 10%
$\text{EDUC}_{\text{desp}}$	0,157587	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 10%
$\Delta \text{EDUC}_{\text{desp}}$	0,203127	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{CPUB}$	0,413773	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 5%
$\Delta \text{CPUB}$	0,214425	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{INV}$	0,476971	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{INV}$	0,281126	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{GAEE}$	0,0938333	0,124	0,150	0,206	Estacionária ao nível de 10%
$\Delta \text{GAEE}$	0,102898	0,124	0,150	0,205	Estacionária ao nível de 10%
$\text{ID}$	0,530821	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 1%
$\Delta \text{ID}$	0,120198	0,357	0,462	0,694	Estacionária ao nível de 10%
$\text{TXEMP}$	0,232961	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 10%
$\Delta \text{TXEMP}$	0,21241	0,357	0,462	0,697	Estacionária ao nível de 10%

**Notas:** Atendendo à regra de Schwert (1989) dada por  $\text{int}[4x(T/100)^{1/4}]$ , onde T é a dimensão da amostra, todos os testes foram realizados com a ordem de desfazamento 3. Através da análise gráfica de todas as variáveis incluídas no modelo, foi possível verificar que as variáveis  $\text{EMP}_{\text{cinf}}$ ,  $\text{EMP}_{\text{cientad}}$ ,  $\text{EMP}_{\text{sasoc}}$ ,  $\text{EDUC}_{\text{sec}}$  e  $\text{GAEE}$  apresentam uma tendência crescente bem definida ao longo do período considerado, algo que foi tido em conta aquando da realização dos testes. O critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de estacionaridade da série caso o valor crítico seja superior à estatística do teste.

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRET

**Quadro A.6.** Resultados dos testes de diagnóstico para o modelo dado pela equação (4): teste RESET de Ramsey, teste de White e teste LM de Breush-Godfrey

Regressão	Teste RESET de Ramsey			Teste de White			Teste LM de Breush-Godfrey		
	Estatística do teste (Teste F)	Valor p	Conclusão do teste	Estatística do teste (Teste LM)	Valor p	Conclusão do teste	Estatística do teste (Teste LMF)	Valor p	Conclusão do teste
(i)	2,0624	0,169872	Especificação correta	16,1577	0,0952071	Homoscedasticidade	0,798617	0,387752	Sem autocorrelação dos erros
(ii)	2,60698	0,114763	Especificação correta	12,802	0,234957	Homoscedasticidade	0,049775	0,826923	Sem autocorrelação dos erros
(iii)	1,40985	0,281871	Especificação correta	16,3384	0,0903456	Homoscedasticidade	0,0564666	0,815874	Sem autocorrelação dos erros
(iv)	2,73703	0,104887	Especificação correta	15,5084	0,114595	Homoscedasticidade	0,190859	0,669371	Sem autocorrelação dos erros
(v)	2,6791	0,109159	Especificação correta	16,545	0,0850592	Homoscedasticidade	0,329535	0,575731	Sem autocorrelação dos erros
(vi)	3,23448	0,0752373	Especificação correta	13,9738	0,174188	Homoscedasticidade	0,0159237	0,901513	Sem autocorrelação dos erros
(vii)	3,3366	0,0704329	Especificação correta	9,11219	0,521491	Homoscedasticidade	0,16219	0,693693	Sem autocorrelação dos erros
(viii)	2,68381	0,108804	Especificação correta	13,4606	0,199048	Homoscedasticidade	0,0837827	0,7768	Sem autocorrelação dos erros
(ix)	6,73354	0,0109449	Especificação correta	11,8008	0,298609	Homoscedasticidade	0,0111622	0,917472	Sem autocorrelação dos erros

**Notas:** A designação das diferentes regressões segue a utilizada no quadro 2. Teste RESET de Ramsey: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de especificação correta do modelo caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05) – ou, 1% (ou seja, 0,01) no caso da regressão (ix). Teste de White: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de homoscedasticidade caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05). Teste LM de Breush-Godfrey: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de não existência de autocorrelação dos erros caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05). O teste LM de Breush-Godfrey foi realizado com ordem de desfasamento 1.

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRETL

**Quadro A.7.** Descrição das variáveis incluídas no modelo com dados em painel para a UE15 dado pela equação (5) e respetivas fontes

Variável	Descrição	Fonte
$\Delta \ln \text{PIB}_{qrpc}$	Taxa média de crescimento anual do PIB real <i>per capita</i> para cada um dos quinquénios entre 1995 e 2015	PWT 9.0
$\text{EMP}_{qcinf}$	Valores para o início de cada quinquénio dos indivíduos totais no ramo das atividades de consultoria, atividades relacionadas de programação informática e atividades dos serviços de informação, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
$\text{EMP}_{qcientad}$	Valores para o início de cada quinquénio dos indivíduos totais no ramo das atividades profissionais, técnicas e científicas e das atividades de serviços administrativos, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
$\text{EMP}_{qeduc}$	Valores para o início de cada quinquénio dos indivíduos totais no ramo de atividade da educação, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
$\text{EMP}_{qsasoc}$	Valores para o início de cada quinquénio dos indivíduos totais no ramo das atividades de saúde humana e apoio social, em percentagem dos indivíduos totais em todos os ramos de atividade	EU KLEMS
$\text{EDUC}_{qsec}$	Valores para o início de cada quinquénio dos anos médios de escolaridade secundária da população com mais de 15 anos, em percentagem dos anos médios totais de escolaridade da população com mais de 15 anos	Barro e Lee (v. 2.1, 02/2016)
$\text{EDUC}_{qsup}$	Valores para o início de cada quinquénio dos anos médios de escolaridade superior da população com mais de 15 anos, em percentagem dos anos médios totais de escolaridade da população com mais de 15 anos	Barro e Lee (v. 2.1, 02/2016)
$\text{EDUC}_{qdesp}$	Valores para o início de cada quinquénio da despesa pública em educação em percentagem do PIB	Banco Mundial
$\text{CPUB}_{q}$	Média aritmética dos valores para cada quinquénio da despesa de consumo final das administrações públicas em percentagem do PIB	Eurostat
$\text{INV}_{q}$	Média aritmética dos valores para cada quinquénio da taxa de investimento (rácio entre a FBCF e o PIB)	Eurostat
$\text{GAEE}_{q}$	Média aritmética dos valores para cada quinquénio do grau de abertura da economia ao exterior (rácio entre a soma das importações com as exportações e o PIB)	Eurostat
$\text{ID}_{q}$	Valores para o início de cada quinquénio da despesa em I&D em percentagem do PIB	Eurostat

Fonte: Elaborado pela autora



**Quadro A.8.** Resultados dos testes diagnósticos de painel para o modelo dado pela equação (5): teste F, teste Breusch-Pagan e teste de Hausman

Regressão	Teste F			Teste Breusch-Pagan			Teste de Hausman		
	Estatística do teste (Teste F)	Valor p	Conclusão do teste	Estatística do teste (Teste LM)	Valor p	Conclusão do teste	Estatística do teste (Teste H)	Valor p	Conclusão do teste
(i)	6,2948	4,94193e-006	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	3,26895	0,0706026	Modelo OLS é mais adequado	71,971	1,61085e-013	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(ii)	8,04878	2,92031e-007	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	1,6839	0,194408	Modelo OLS é mais adequado	87,7739	8,78146e-017	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(iii)	7,34085	8,68943e-007	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	2,0123	0,156029	Modelo OLS é mais adequado	81,4935	1,75539e-015	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(iv)	4,4064	0,000180954	Modelo de efeitos fixos é mais adequado				73,3146	8,5294e-014	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(v)	7,35543	6,88385e-007	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	10,3884	0,00126806	Modelo de efeitos aleatórios mais é adequado	48,7212	8,47781e-009	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(vi)	7,41572	6,2457e-007	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	7,8637	0,00504371	Modelo de efeitos aleatórios mais é adequado	46,3073	2,57144e-008	Modelo de efeitos fixos é mais adequado
(vii)	5,56943	6,00588e-005	Modelo de efeitos fixos é mais adequado	3,8373	0,0501243	Modelo OLS é mais adequado	51,4708	2,38231e-009	Modelo de efeitos fixos é mais adequado

**Notas:** A designação das diferentes regressões segue a utilizada no quadro 3. Teste F: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de que o modelo OLS agrupado (pooled) é adequado (em oposição ao modelo de efeitos fixos) caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05). Teste Breusch-Pagan: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de que o modelo OLS agrupado (pooled) é adequado (em oposição ao modelo de efeitos aleatórios) caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05). Teste de Hausman: o critério utilizado consiste em não rejeitar (ou aceitar) a hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios é adequado (em oposição ao modelo de efeitos fixos) caso o valor p seja superior a 5% (ou seja, 0,05).

**Fonte:** Elaborado pela autora com recurso ao GRETL