

---

Análise de Eficiência do Setor da Construção dos Países da União Europeia:  
Uma aplicação do método *Data Envelopment Analysis*

**Inês do Carmo Gouveia Dias**

---

Dissertação  
Mestrado em Economia

---

Orientado por  
**Elvira Maria de Sousa Silva**

---

2022

## **Nota biográfica**

Inês do Carmo Gouveia Dias, nascida a 16 de outubro de 1999, natural da Maia, Porto.

Em 2017, ingressou na Licenciatura em Economia na mui nobre Faculdade de Economia da Universidade do Porto, concluindo-a em 2020. Nesse mesmo ano, iniciou o Mestrado em Economia na mesma instituição, servindo a presente dissertação como trabalho final para a obtenção do grau de mestre.

Paralelamente ao percurso académico, realizou um estágio profissional na Mota-Engil SGPS, S.A. na área de Auditoria Interna.

No presente ano, abraça um novo desafio profissional junto da Deloitte & Associados, SROC S.A. como analista na área de Audit & Assurance.

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Professora Doutora Elvira Silva, pelo apoio, rigor, disponibilidade e dedicação, bem como por todos os comentários críticos e construtivos que possibilitaram o enriquecimento desta dissertação. Foi, sem dúvida, uma honra ter realizado este trabalho ao lado de uma pessoa tão profissional e inspiradora pela qual mantenho um enorme carinho, apreço e gratidão.

À minha família (pais, avós e tio/padrinho), a quem dedico este trabalho, por toda a compreensão, suporte, incentivo, esforço, paciência e, acima de tudo, amor incondicional. A eles, por serem um exemplo de superação e resiliência a seguir, uma fonte inesgotável de integridade e bondade, por serem modelos de coragem e o meu maior orgulho. Reconheço e valorizo a educação e valores transmitidos, assim como todo o amor e carinho com que me acompanham ao longo de todas as etapas da minha vida.

À Faculdade de Economia da Universidade do Porto, nomeadamente ao corpo docente do Mestrado em Economia, pela qualidade técnica e partilha de conhecimentos que contribuíram para a minha formação académica. Agradeço, ainda, à Professora Doutora Natércia Fortuna pela sua disponibilidade no esclarecimento de questões no âmbito do *software* Stata.

À Mota-Engil, nomeadamente à equipa de Auditoria Interna, que me acolheu durante este último ano de formação na qualidade de estágio profissional, por permitir que eu tivesse uma primeira experiência profissional tão enriquecedora. Foi um prazer e um privilégio ter a oportunidade de aprender e trabalhar numa equipa tão competente que contribuiu para o meu crescimento não só profissional, mas também pessoal. Agradeço toda a motivação, suporte e preocupação, bem como a partilha constante de experiências e conhecimentos.

Aos meus amigos, por todo o apoio, motivação e paciência, mas, sobretudo, por acreditarem nas minhas capacidades mesmo nos momentos em que mais duvidei delas.

Aos meus colegas de curso, agradeço o companheirismo, a partilha e a ajuda.

## Resumo

Numa conjuntura de crise económico-financeira, torna-se ainda mais premente analisar o desempenho empresarial, em termos gerais, e os principais setores económicos, em particular, de modo a contribuir para um eventual aumento da sua eficiência, tendo em conta que esta constitui um fator imprescindível para o aumento da produtividade.

Não havendo uma ampla base de estudos sobre a eficiência do setor da construção europeu, a partir de uma abordagem bietápica, este estudo pretende analisar a eficiência do setor da construção dos países da União Europeia, entre 2015 e 2018, bem como identificar os fatores determinantes da mesma. No primeiro estágio, recorre-se a uma técnica de programação linear, o método *Data Envelopment Analysis*, para obter os índices de eficiência técnica. No segundo estágio, recorre-se a uma abordagem econométrica, utilizando um algoritmo de *bootstrapping*, para procurar explicar os índices de eficiência obtidos. Procede-se, ainda, ao cálculo do índice de Malmquist para analisar a evolução da produtividade do setor da construção europeu, assim como os fatores que estão na origem dos ganhos/perdas de produtividade.

Em média, a eficiência técnica manteve-se relativamente estável ao longo do período estudado, registando o valor mais elevado em 2018 e apresentando, em termos gerais, níveis de eficiência altos face a estudos anteriores. Os resultados indicam os setores da construção da Alemanha, Áustria, Lituânia, Malta, Polónia e Reino Unido como *benchmarks* no período em análise, ao contrário de setores como o da Bulgária, Portugal e República Checa que constituem os mais tecnicamente ineficientes. Em conformidade com a literatura, conclui-se, ainda, que o PIB *per capita* influencia significativa e positivamente a eficiência técnica, bem como o número de empresas que operam no setor da construção. De acordo com o índice de Malmquist, registou-se um acréscimo da produtividade média dos 28 Estados-membros nos períodos analisados, resultante, sobretudo, de progresso tecnológico.

**Códigos JEL:** C15, C61, C67, D22, D24, L74

**Palavras-chave:** Setor da construção, Eficiência, *Data Envelopment Analysis*, Índice de Malmquist, *Bootstrapping*

## **Abstract**

In a context of economic and financial crisis, it is even more crucial to analyze business performance, in general, and economic sectors, in particular, in order to improve its efficiency, since it is an essential factor for increasing productivity.

Since there are only a few studies on technical efficiency of the European construction sector, employing a two-stage approach, this study aims to analyze technical efficiency of the construction sector in the European Union countries, between 2015 and 2018, as well as to identify the determinant factors of efficiency. In the first stage, a linear programming technique, the Data Envelopment Analysis method, is used to obtain technical efficiency scores. In the second stage, an econometric approach is used, based on a bootstrapping technique, to explain the efficiency scores obtained in the first stage. The Malmquist index is also calculated to analyze the evolution of productivity in the European construction sector, as well as the factors that contribute to productivity gains/losses.

On average, technical efficiency remains relatively stable over the time period, recording the highest value in 2018 and presenting, in general, high levels of efficiency compared to previous studies. The results indicate the construction sector of Germany, Austria, Lithuania, Malta, Poland and United Kingdom as benchmarks over the whole period, while the construction sector in countries like Bulgaria, Portugal and Czech Republic is the most technically inefficient. Similar to other studies, GDP per capita has a significant and positive influence on technical efficiency, as well as the number of companies operating in the construction sector. According to the Malmquist index, there was an increase, on average, in total factor productivity of the 28 Member States in 2015-2018, resulting mainly from technological progress.

**JEL Codes:** C15, C61, C67, D22, D24, L74

**Keywords:** Construction sector, Efficiency, Data Envelopment Analysis, Malmquist index, Bootstrapping

## Índice

1. Introdução .....	1
2. Revisão de literatura .....	3
2.1. Caracterização geral do setor.....	3
2.2. O setor da construção na União Europeia.....	4
2.2.1. Valor Acrescentado Bruto.....	5
2.2.2. Investimento.....	6
2.2.3. Empresas.....	8
2.2.4. Emprego .....	9
2.2.5. Produtividade .....	9
2.3. Eficiência: conceito e medição.....	10
2.3.1. Conceito de eficiência .....	10
2.3.2. Modelos de DEA.....	11
2.3.3. Segundo estágio do método bietápico.....	12
2.4. Análise da eficiência no setor da construção .....	14
3. Metodologia e variáveis .....	21
3.1. Estimção da eficiência técnica – <i>Data Envelopment Analysis</i> .....	22
3.2. Análise dos determinantes da eficiência técnica – <i>Bootstrap</i> .....	24
3.3. Produtividade total dos fatores – Índice de Malmquist .....	25
3.4. Base de dados e amostra .....	29
4. Apresentação e análise dos resultados.....	36
5. Conclusão .....	51
Referências.....	54
Anexos.....	65

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Descrição dos <i>inputs</i> e <i>output</i> .....	30
Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos <i>inputs</i> e <i>output</i> .....	31
Tabela 3 – Descrição das variáveis explicativas .....	32
Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis explicativas .....	34
Tabela 5 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2015 .....	40
Tabela 6 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2016 .....	41
Tabela 7 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2017 .....	42
Tabela 8 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2018 .....	43
Tabela 9 – Resultados da regressão truncada com <i>bootstrap</i> .....	45
Tabela 10 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2015-2016.....	48
Tabela 11 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2016-2017.....	49
Tabela 12 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2017-2018.....	50

## Índice de Quadros

Quadro 1 – Resumo dos principais estudos sobre a eficiência do setor da construção na Europa.....	15
---	----

## Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

B&S	Bens e serviços
BCC	Banker Charnes Cooper
CCR	Charnes Cooper Rhodes
CE	Comissão Europeia
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
EBE	Excedente Bruto de Exploração
ECSO	<i>European Construction Sector Observatory</i>
EFFCH	Variação da eficiência técnica
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
INE	Instituto Nacional de Estatística
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MEA	<i>Multidirectional Efficiency Analysis</i>
MI	<i>Malmquist Index</i>
NACE	Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas da EU
PEFFCH	Variações de eficiência técnica pura
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e médias empresas
SECH	Variações de escala
SFA	<i>Stochastic Frontier Analysis</i>
TECH	Variação tecnológica
UE	União Europeia
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VN	Volume de negócios
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>

## 1. Introdução

A produtividade constitui um fator-chave não só para o crescimento económico, mas também para o desenvolvimento de qualquer país. Uma maior produtividade traduz-se em lucros e receitas fiscais, salários mais atrativos, bem como produtos e serviços mais baratos, beneficiando, assim, a sociedade como um todo (Abdel-Wahab & Vogl, 2015).

Contudo, a evolução da produtividade de uma economia depende da *performance* das instituições, nomeadamente das empresas e dos setores produtivos. Segundo o Observatório Europeu do Setor da Construção (ECSO), este setor desempenha um papel vital na economia da União Europeia (UE), representando cerca de 9% do Produto Interno Bruto (PIB), 18 milhões de empregos diretos e 3 milhões de empresas (Comissão Europeia, 2020). É um setor com especificidades próprias, que se distingue de outros setores por apresentar uma “cadeia de valor muito extensa” e uma vasta rede de *inputs*, proporcionando um conjunto de “externalidades positivas às restantes atividades” e gerando “efeitos multiplicadores significativos a montante e a jusante” (Nunes, 2001, p. 7). A conjuntura económica, o comportamento demográfico e a qualidade de vida são os principais fatores socioeconómicos que influenciam a evolução deste setor (Nunes, 2001). Em muitos países, a sua produção é mesmo considerada um indicador primário da evolução da atividade económica global, correspondendo geralmente a 5-10% do PIB desses países (Park et al., 2012).

Dada a relevância deste setor para a economia, o seu desempenho é objeto de análise, originando a definição de políticas públicas de apoio à reconversão, revitalização e reorientação do setor (da Costa et al., 2020). Não obstante o seu grande contributo para a economia da UE, o setor da construção revela-se altamente competitivo e extremamente sensível aos ciclos económicos (Moscarini & Postel-Vinay, 2009). Apesar de uma tendência de crescimento entre 2005 e 2007, a produção do setor da construção na Europa começou a diminuir drasticamente com a crise económica e financeira de 2008, entrando numa fase de recuperação apenas a partir de 2014 (Eurostat, 2021)<sup>1</sup>.

O presente estudo pretende avaliar o desempenho, considerando especificamente a análise da eficiência técnica e da variação da produtividade total dos fatores, do setor da construção dos países da UE, através do método denominado *Data Envelopment Analysis*

---

<sup>1</sup> Ver, em anexo, a Figura A1 que ilustra a evolução da produção da construção na UE no período 2005-2021.

(DEA) num horizonte temporal de 2015 a 2018. Reconhecendo a sua importância para o crescimento e desenvolvimento económico, torna-se crucial analisar a eficiência deste setor e comparar os resultados com os de estudos anteriores para aferir a sua evolução.

Por outro lado, esta investigação visa colmatar uma das lacunas existentes na literatura, no sentido em que a maioria dos estudos sobre a eficiência do setor da construção baseia-se em dados da região asiática (*e.g.*, Chancellor & Lu, 2016; Chau et al., 2005; Dzung & Wu, 2013) e os estudos sobre o desempenho do setor da construção na Europa focam-se em países individuais, tais como Itália (Guerrini et al., 2013), Grécia (Tsolas, 2011) e Portugal (Horta et al., 2010). Entre os estudos mais recentes e os que melhor se enquadram com o presente estudo destaca-se o de Nazarko e Chodakowska (2015) que utiliza uma análise bietápica. Primeiro, analisa a eficiência técnica e a variação da produtividade do trabalho do setor da construção em 24 Estados-membros da UE, utilizando o método DEA, nos anos de 2006 e 2012. Após a obtenção dos índices de eficiência, Nazarko e Chodakowska (2015) utilizam o modelo *tobit* para explicar estes índices.

O presente estudo recorre também a uma análise bietápica. O primeiro estágio tem como objetivo analisar a eficiência técnica do setor da construção no período 2015-2018 a partir do método DEA. Após a obtenção dos índices de eficiência técnica, utiliza-se, no segundo estágio, um modelo de variável dependente truncada para explicar estes índices. Simar e Wilson (2007) não aconselham a utilização de modelos *tobit* que são estimados para explicar os índices de eficiência obtidos através de métodos não paramétricos e determinísticos por não ser válida a inferência estatística convencional realizada no contexto desses modelos. Assim, de acordo com Simar e Wilson (2007), utiliza-se neste estudo o algoritmo *single bootstrap* para procurar explicar os índices de eficiência técnica.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: o segundo capítulo caracteriza o setor da construção da UE, revê a análise bietápica da eficiência (DEA e *single bootstrap*) e analisa os estudos empíricos sobre a eficiência do setor da construção; o terceiro capítulo apresenta a metodologia de análise, que envolve o modelo de DEA para estimar os índices de eficiência, o algoritmo *single bootstrap* para procurar explicar esses mesmos índices e o índice de Malmquist para analisar a variação da produtividade total dos fatores, e caracteriza a amostra deste estudo; o quarto capítulo discute os resultados empíricos; finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões desta dissertação.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Caracterização geral do setor

O setor da construção passou a adotar métodos mais avançados e novas tecnologias de forma a incrementar a sua eficiência e produtividade, na sequência do aumento da competitividade verificada ao nível deste setor (Murillo et al., 2019). Por conseguinte, uma melhoria da sua produtividade pode gerar ganhos para o setor e proporcionar reduções substanciais de custos que, por sua vez, podem ser usadas na prossecução de outros projetos (Abdel-Wahab & Vogl, 2011).

Por promover o investimento em infraestruturas, criar postos de trabalho, consumir serviços e produtos intermediários (matérias-primas, produtos químicos, equipamentos elétricos, etc.) relacionados com outros setores económicos e, ainda, fornecer soluções para desafios sociais, climáticos e energéticos, o setor da construção tornou-se o motor do desenvolvimento socioeconómico de um país (e.g., Baker et al., 2017; García, 2005; Lopes et al., 2011; Murillo et al., 2019; Trãn & Hoang, 2018; Wong et al., 2008). Portanto, além de ser uma das atividades que mais contribui para o valor acrescentado bruto<sup>2</sup> (VAB) e para a criação de emprego de cada país, a construção também assume um papel crucial nos restantes setores económicos (Nazarko & Chodakowska, 2017), o qual pode ser corroborado pela respetiva cadeia de valor no sentido em que abrange uma ampla gama de atividades económicas, como a mineração, a produção e distribuição de produtos, os serviços, como o design, a gestão e controlo, a manutenção e a renovação e demolição, com a reciclagem (Baker et al., 2017).

No entanto, embora existam muitas semelhanças que permitam generalizar a importância do setor da construção na economia mundial, o estado real desse setor depende essencialmente das características socioeconómicas e do desenvolvimento financeiro de cada país (Murillo et al., 2019). Tendo em conta a contribuição da construção para o VAB total e o número de pessoas empregadas no setor relativamente à população, o continente europeu, por exemplo, divide-se em três *clusters* (grupos de países semelhantes), segundo Nazarko e Chodakowska (2015). O primeiro *cluster* corresponde a Luxemburgo, onde a construção tem uma contribuição ligeiramente acima da média para o VAB, mas apresenta

---

<sup>2</sup> Valor criado por qualquer unidade envolvida numa atividade produtiva que corresponde ao saldo da conta de produção, a qual inclui em recursos, a produção, e em empregos, o consumo intermédio, antes da dedução do consumo de capital fixo (Regulamento (UE) n.º 549/2013 de 21 de maio).

a maior percentagem de emprego na Europa. O segundo *cluster* representa a média europeia e o último tem uma proporção semelhante de pessoas empregadas, mas distingue-se pela elevada contribuição do setor para o VAB (superior à média europeia). Não obstante o papel primordial que a construção desempenha nas economias europeias, existem diferenças significativas entre os vários países europeus ao nível da produtividade (Nazarko & Chodakowska, 2015).

Segundo Andersen e Langlo (2016), existe a conceção de que o setor da construção tem um grande potencial de melhoria da sua produtividade, a qual é corroborada por alguns estudos, tais como os de Abdel-Wahab e Vogl (2011) e Ingvaldsen et al. (2004). No entanto, o setor está exposto a diversos fatores internos e externos que prejudicam a sua produtividade em termos globais. Os principais fatores enumerados na literatura incluem a incompetência do gestor de projeto, o número de terceiros envolvidos na cadeia de abastecimento (*e.g.*, aluguer de máquinas e equipamentos), problemas financeiros, fraca gestão de contratos, escassez de materiais, alteração ao projeto que exige trabalho adicional, planeamento e agendamento deficitários, qualificação insuficiente e escassez de mão de obra, atrasos na construção, condições locais imprevistas, estimativas imprecisas dos custos do projeto, empreiteiros inadequados e clientes incompetentes (*e.g.*, Choong Kog, 2018; Rivera & Kashiwagi, 2016; Rivera et al., 2016).

## **2.2. O setor da construção na União Europeia**

O setor da construção assume uma importância vital na economia da UE, gerando uma parte significativa do PIB e sendo responsável por milhares de postos de trabalho, nomeadamente nas micro<sup>3</sup> e pequenas<sup>4</sup> empresas. Com mais de 3 milhões de empresas e uma força de trabalho direta total de 18 milhões de pessoas, o setor da construção gera cerca de 9% do PIB da UE (Comissão Europeia, 2020).

No que se refere à evolução do setor, 2014 representa o primeiro ano em que o setor da construção europeu voltou a crescer como um todo, mais especificamente 2,9%, desde a queda que se observou no seguimento da crise de 2008 (Eurostat, 2018). Não obstante, esse crescimento não se revelou suficiente para cobrir as perdas acumuladas superiores a

---

<sup>3</sup> Microempresa refere-se a uma empresa que emprega menos de 10 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede os 2 milhões de euros (Decreto-Lei n.º 372/2007 de 6 de novembro).

<sup>4</sup> Uma pequena empresa é definida como uma empresa que emprega menos de 50 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede os 10 milhões de euros (Decreto-Lei n.º 372/2007 de 6 de novembro).

10%, nomeadamente na Grécia, país especialmente afetado pela crise, perdendo cerca de 80% da sua produção entre 2010 e 2013. Apenas os países escandinavos, em 2014, foram capazes de resistir às consequências da crise (Building Radar, 2016). Por outro lado, os países da Europa Central, à exceção da França, retomaram uma trajetória de crescimento e ainda mais favorável do que a observada no período pré-crise. Neste sentido, a partir de 2014 o setor da construção passou a funcionar novamente como um motor de crescimento das economias europeias, à exceção de alguns países, principalmente do sul da Europa, que revelaram algumas dificuldades (Building Radar, 2016).

Nas subsecções que se seguem a este enquadramento será apresentada uma breve análise da importância do setor da construção na economia da UE, enfatizando, assim, alguns indicadores de atividade.

### **2.2.1. Valor Acrescentado Bruto**

Uma forma de medir a dimensão do setor da construção é através do VAB gerado por esta atividade económica em percentagem do VAB total (i.e., do VAB da economia europeia). Esta percentagem situou-se entre os 5% e 6% na UE entre 2010 e 2020. Foi mais elevada em 2010 com um peso de 5,8%, caindo para 5,1% em 2014 e permanecendo constante até 2017, aumentando novamente cerca de 0,1 p.p. por ano, atingindo os 5,6% em 2021. Entre os Estados-membros, a percentagem do VAB da construção no VAB total diminuiu em 14 países entre 2010 e 2020, com as maiores quedas a registarem-se na Grécia, na Bulgária e na Espanha. Por outro lado, em países como a Irlanda, a Letónia, a Dinamarca, a Alemanha e a Hungria, a evolução já se revelou mais positiva com uma tendência crescente.<sup>5</sup>

No total da UE-28, o setor da construção entre 2015 e 2018 tinha, em média, um peso de 5,1% e 5,2% no total do VAB da economia europeia, respetivamente. Os países no qual o VAB da construção teve maior expressão na economia durante este período de tempo foram a Eslováquia (8,0% em 2018), a Polónia (7,6% em 2018) e a Finlândia (7,4% em 2018). Do lado oposto, os países que apresentaram um menor peso do VAB da construção no total da economia foram a Grécia (1,6%), a Irlanda (2,6%) e Malta (4,0%), seguidos de perto pela Itália, Bulgária e Portugal que representavam apenas 4,2% do VAB total em

2018. Portugal encontra-se, assim, no grupo de países em que a construção tem um menor peso no total da economia, permanecendo abaixo da média europeia.<sup>5</sup>

Em termos de peso do VAB da construção de cada país no VAB do setor a nível europeu, embora quase todas as economias apresentem um peso significativo no setor da construção europeu, a maior parte desse valor acrescentado na UE provém essencialmente do Reino Unido, o que não é surpreendente porque representa o maior mercado nacional para o setor. Juntamente com as outras duas maiores economias da UE, a Alemanha e a França, este conjunto de países contribui com cerca de 50% do VAB do setor da construção europeu (Building Radar, 2016).

### **2.2.2. Investimento**

Em termos gerais, o investimento<sup>6</sup>, também designado por formação bruta de capital físico (FBCF), no setor como um todo tem acompanhado o investimento no total da economia da UE. Em países como Roménia, Irlanda, Espanha, Hungria, França e Itália, cortes nos orçamentos nacionais afetaram a parcela do PIB dedicada aos investimentos, refletindo-se, assim, em quedas acentuadas da FBCF. O investimento no total da economia registou um decréscimo acentuado em 2009, nomeadamente em Espanha, Irlanda e Roménia. Paralelamente, o investimento na Construção de Edifícios e na Engenharia Civil caiu em 16%, 31% e 42% nesses três países em 2009, respetivamente (Comissão Europeia, 2016).

Por outro lado, o forte contexto macroeconómico de países como a Polónia, o Reino Unido, a Suécia e a Alemanha funcionaram como um amortecedor contra a recessão, de tal modo que o investimento no total da economia destes países voltou a atingir os níveis pré-crise já em 2014. Esta tendência positiva da FBCF no total da economia refletiu-se, assim, na FBCF do setor que, em 2014, foi superior em 25% e 12,5% face a 2008 na Polónia e na Alemanha, respetivamente (Comissão Europeia, 2016).

Globalmente, os países da zona norte da Europa apresentaram níveis mais elevados de investimento na construção face aos restantes países e, em geral, foram os menos afetados pela crise. Com efeito, a Alemanha e o Reino Unido representam os maiores mercados de

---

<sup>5</sup> Em [Estatísticas VAB | Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1), acessido em março de 2022.

<sup>6</sup> Valor que integra os bens duradouros novos de montante superior a 500 euros destinados a fins não militares e produzidos/adquiridos pelas unidades produtoras residentes, para utilização por um período superior a um ano no seu processo produtivo (incluindo os que são adquiridos por recurso a contratos de *leasing* financeiro), e os serviços incorporados nos bens de capital fixo (Regulamento (CE) n.º 2223/96 de 25 de junho).

construção na UE desde 2012 (Comissão Europeia, 2016). Em 2013, o Reino Unido e a Suécia conseguiram recuperar parcialmente para níveis registados em 2008, ao passo que a Alemanha foi o único país do grupo com investimento acima do nível pré-crise, justificado pelo seu forte ambiente macroeconómico, mas também por fatores mais específicos, como o volume de novas encomendas, que atingiu 58 mil milhões de euros em 2014, o mais alto desde 2001 (European Construction Industry Federation, 2015). Contudo, a Irlanda é a exceção, tendo em conta que em 2008 reportou níveis de investimento que se revelaram quase o dobro dos demais países na sequência da bolha imobiliária que se fez sentir no país até 2008 (Comissão Europeia, 2016).

A situação no sul da Europa é inegavelmente mais sombria face ao norte da Europa. Embora o investimento na construção em Espanha, Itália e França tenha sido superior aos países do Norte da Europa em 2008, esta região foi atingida de forma mais severa pela crise (Comissão Europeia, 2016). Entre 2008 e 2014, o investimento da construção diminuiu 13,0%, enquanto a Itália e a Espanha observaram um decréscimo de 32,8% e 45,6%, respetivamente, mantendo-se, assim, abaixo dos níveis pré-crise<sup>7</sup>. Este impacto sobre o investimento no setor, bem como a sua recuperação, pode ser explicado pelas rigorosas medidas de consolidação orçamental adotadas por estes países, aliadas à falta de uma política de intervenção decisiva associada à crise de crédito (Comissão Europeia, 2016). Em Portugal, a maior queda quer do investimento da construção, quer do investimento total, observou-se em 2012 em cerca de 20,1% e 16,7%, respetivamente. Não obstante a ligeira recuperação registada em 2013, o ponto de viragem do investimento total verificou-se em 2014 (2,3%), mantendo-se em valores positivos até 2018, ao passo que o do investimento da construção ocorreu apenas em 2015, com uma subida de 5,1%, apesar da ligeira queda registada no ano seguinte (-0.1%).<sup>7</sup>

Por outro lado, o investimento do setor da construção nos países da Europa Central e Oriental é mais heterogéneo em termos de intensidade e tendências. Por exemplo, em 2008, a Roménia foi o país mais afetado pela crise, caindo 39% entre 2008 e 2014, queda essa possivelmente relacionada com a bolha especulativa observada entre 2002 e 2008, que levou a aumentos de preços injustificados, colapsando posteriormente em 2009 (Comissão Europeia, 2016). Da mesma forma, a Hungria registou uma queda de 19,8% no investimento da construção. Por outro lado, na Polónia o investimento não sofreu um

---

<sup>7</sup> Em [Estatísticas FBCF | Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1) ([F] Construction; [N11G] Total fixed assets (gross); [P51G] Gross fixed capital formation), acedido em março de 2022.

abrandamento tão significativo na sequência da crise. Apesar de ter registado o menor volume de investimento do conjunto dos 10 Estados-membros em 2008, a Polónia observou um crescimento sustentado ao longo dos anos, ficando 25% acima do nível pré-crise em 2014<sup>7</sup>. Este aumento substancial foi alimentado sobretudo pelo aumento da procura, mas também pelos fluxos do investimento direto estrangeiro no mercado de construção polaco, que aumentaram de 416 milhões de euros em 2009 (Narodowy Bank Polski, 2009) para 759 euros milhões em 2014 (Narodowy Bank Polski, 2014).

### 2.2.3. Empresas

No total, são cerca de 3,3 milhões as empresas do setor registadas na UE, destacando-se Itália e França como sendo os países com o maior número de empresas a operar no setor, superando as 450 mil entre 2015 e 2018, seguindo-se países como Espanha, Reino Unido, Alemanha e Polónia (acima das 300 mil). Por outro lado, Luxemburgo, Malta, Chipre, Letónia e Estónia detêm um número reduzido de empresas com atividade no setor (menos de 12 mil). Embora Portugal não faça parte do grupo de países com menos empresas de construção, ainda se situa abaixo da média europeia (85 mil empresas em 2018).<sup>8</sup>

Em termos de dimensão, destaca-se o facto de 99,9% do setor da construção ser composto por micro, pequenas e médias empresas<sup>9</sup> (PME) que produzem cerca de 80% do *output* total, isto é, apenas 0,1% do total das empresas do setor são empresas de grande dimensão<sup>10</sup>. Na UE, as microempresas representam a maior parte do setor com 94,1% (European Builders Confederation, 2022). Quanto à distribuição das empresas pelos diferentes segmentos do setor na UE, as pequenas e médias empresas tendem a concentrar-se na Construção de Edifícios (Residencial e Não Residencial), ao passo que na Engenharia Civil, isto é, infraestruturas de maior dimensão, o peso das grandes empresas é superior em 45% (Allianz, 2020). Por outras palavras, a maioria das empresas do setor, as de menor dimensão, opera predominantemente em Atividades Especializadas de Construção, enquanto os grandes *players* do mercado, isto é, as poucas grandes empresas do setor,

---

<sup>8</sup> Em [Estatísticas Empresas | Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1) ([F] Construction; [V11110] Enterprises - number), acessado em março de 2022.

<sup>9</sup> Empresas que empregam menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede os 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não excede os 43 milhões de euros (Decreto-Lei n.º 372/2007 de 6 de novembro).

<sup>10</sup> Empresas com 250 ou mais pessoas ao serviço ou empresas com volume de negócios superior a 50 milhões de euros e ativo líquido superior a 43 milhões de euros (Decreto-Lei n.º 372/2007 de 6 de novembro).

apresentam uma forte tendência para a Engenharia Civil e oferecem uma ampla variedade de serviços (Building Radar, 2016).

#### **2.2.4. Emprego**

No que respeita ao emprego, o setor da construção constitui o principal gerador de postos de trabalho em várias economias, empregando cerca de 5% da mão de obra europeia. Adicionalmente, o número de novas vagas de emprego neste setor tem vindo a aumentar constantemente nos últimos anos (Building Radar, 2016). Os maiores empregadores são a Alemanha, a França, o Reino Unido, a Itália, a Espanha e a Polónia que empregavam mais de 1 milhão de pessoas em 2018<sup>11</sup>, como seria expectável tendo em conta que são dos países com mais empresas a operar no setor na UE.

Contudo, existem diferenças significativas no que respeita à compensação dos colaboradores do setor. Em países como Alemanha, França, Reino Unido, Espanha e Itália os trabalhadores recebem salários e remunerações acima da média. Contudo, em países como Malta, Chipre, Letónia, Estónia, Bulgária e Eslováquia os salários e remunerações são abaixo da média. Adicionalmente, existe também um conjunto de países heterogéneos entre si que apresentam valores salariais mais próximos da média europeia, como Roménia, República Checa e Portugal.<sup>12</sup>

#### **2.2.5. Produtividade**

No total da UE-28 a produtividade aparente<sup>13</sup> do setor da construção em 2015 e 2016 era, em média, de 43 mil euros, passando para 44 mil euros em 2017 e, finalmente, 46 mil euros em 2018, verificando-se, assim, um incremento da produtividade, embora muito ténue. Os países onde o setor da construção é menos produtivo são a Grécia (11,8 mil euros), a Bulgária (12,3 mil euros), a Eslováquia (14,3 mil euros) e a Roménia (15,3 mil euros), por oposição ao Reino Unido (75,8 mil euros) e à Irlanda (73,9 mil euros) que detêm o setor da construção mais produtivo, em 2018. No mesmo ano, a produtividade aparente do setor

---

<sup>11</sup> Em [Estatísticas Emprego | Eurostat \(europa.eu\)](#) ([F] Construction; [V16110] Persons employed - number), acedido em março de 2022.

<sup>12</sup> Em [Estatísticas Salários e Remunerações | Eurostat \(europa.eu\)](#) ([F] Construction; [V13320] Wages and Salaries - million euro), acedido em março de 2022.

<sup>13</sup> A produtividade aparente consiste na contribuição do fator trabalho utilizado pela empresa, medida pelo valor acrescentado bruto gerado por cada trabalhador (i.e., resulta do rácio entre o VAB e o número de pessoas empregadas) (metainformação - INE).

em Portugal era de cerca de 20 mil euros (abaixo dos 46 mil euros da média da UE-28), situando-se, ainda assim, à frente de 8 Estados-membros.<sup>14</sup>

## 2.3. Eficiência: conceito e medição

### 2.3.1. Conceito de eficiência

O uso eficiente dos recursos disponíveis é um determinante do crescimento económico, bem como da competitividade de um país (*e.g.*, Schwab, 2014). Adicionalmente, a pressão sobre o aumento da eficiência e a introdução de métodos de produção mais eficientes resulta em produtos e serviços mais inovadores ou otimizados associados a todos os setores económicos (*e.g.*, Nazarko & Chodakowska, 2017).

A primeira definição de eficiência técnica foi desenvolvida por Koopmans (1951): uma unidade produtiva é tecnicamente eficiente se um aumento da produção de um bem exigir uma diminuição da produção de pelo menos um outro bem ou um aumento da quantidade de pelo menos um fator de produção (orientação para os *outputs*), e se a redução da quantidade de um fator de produção exigir um aumento da quantidade de pelo menos um outro fator de produção ou a redução da produção de pelo menos um bem (orientação para os *inputs*) (*e.g.*, Fried et al., 2008; Lovell, 1993). Debreu (1951) propôs, precisamente no mesmo ano, a primeira medida de eficiência produtiva, designada por coeficiente de utilização de recursos. Estes trabalhos conduziram, assim, ao desenvolvimento de um método por parte de Farrell (1957) para calcular, empiricamente, a eficiência relativa de unidades produtivas e que permitisse a decomposição da eficiência produtiva em eficiência técnica e em eficiência alocativa (ou preço). Neste contexto, Farrell (1957) implementou o conceito de eficiência no âmbito de um setor industrial por apresentar uma fronteira de produção determinada pelas melhores práticas das unidades de produção desse setor. Como referido anteriormente, a eficiência técnica mede a capacidade de evitar o desperdício de recursos. Por outro lado, a eficiência alocativa ocorre quando uma empresa escolhe a combinação de *inputs* e/ou *outputs* numa proporção ótima, dados os preços relativos desses *inputs* e/ou *outputs* e a tecnologia de produção (Farrell, 1957). Quando uma empresa não escolhe a combinação ótima de *inputs* e/ou *outputs* é considerada alocativamente ineficiente, embora possa ser tecnicamente eficiente (*e.g.*, Coelli et al., 2005,

---

<sup>14</sup> Em [Estatísticas Produtividade | Eurostat \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1) ([F] Construction; [V91110] Apparent labour productivity (Gross value added per person employed) – thousand euro), acedido em março de 2022.

cap. 3). Neste sentido, as eficiências técnica e alocativa combinam-se de modo a determinar a eficiência económica (*e.g.*, eficiência custo, eficiência lucro) (*e.g.*, Coelli et al., 2005, cap. 3).

Neste âmbito, revela-se essencial enfatizar a diferença entre eficiência e produtividade, conceitos frequentemente usados de forma indistinta. Não obstante o conceito de produtividade estar intimamente relacionado com o da eficiência, a produtividade é expressa pelo quociente entre o que uma empresa produz (*output*) e consome (*input*), ou seja, define o *output* obtido relativamente aos recursos empregues (*e.g.*, Coelli et al., 2005, cap. 3). Por outro lado, a eficiência económica mede se a utilização dos recursos produtivos na produção de um ou vários *outputs* é ótima ou não (*e.g.*, Fried et al., 2008). Portanto, o crescimento da produtividade engloba, entre outras componentes, variações na eficiência, e aumentos de eficiência têm um efeito positivo na produtividade (*e.g.*, Färe et al., 1994b; Fried et al., 2008).

### 2.3.2. Modelos de DEA

O trabalho de Farrell (1957), assente num modelo de um único *input* e único *output*, influenciou, assim, Charnes et al. (1978) que, por sua vez, propuseram o primeiro modelo de DEA, o CCR (cujo acrónimo deriva das iniciais dos autores), convertendo a medida de eficiência técnica obtida pelo modelo inicial para um modelo de múltiplos *inputs* e *outputs*, onde são assumidos rendimentos constantes à escala (CRS - *Constant Returns to Scale*). Este modelo pressupõe, assim, uma tecnologia de produção com rendimentos constantes à escala em que uma variação de todos os *inputs* implica uma variação na mesma proporção nos *outputs*. Posteriormente, Banker et al. (1984) desenvolveram o modelo BCC (cujo acrónimo também deriva das iniciais dos autores) que pressupõe rendimentos variáveis à escala (VRS - *Variable Returns to Scale*). Portanto, o DEA apresenta dois modelos principais – CRS e VRS – e dois tipos de orientações em cada modelo – orientação para os *inputs* ou para os *outputs*.

Neste sentido, o conceito "*Data Envelopment Analysis*" foi introduzido na literatura por Charnes et al. (1978), como extensão dos trabalhos pioneiros de Farrell (1957) e Debreu (1951), sendo uma abordagem de programação matemática que fornece uma avaliação de eficiência relativa para um grupo de unidades de decisão<sup>15</sup> (DMUs - *Decision Making Units*)

---

<sup>15</sup> Unidades organizacionais de qualquer ramo de atividade com características semelhantes, isto é, "similaridades tecnológicas, convergência nas atividades desenvolvidas e nos objetivos gerais, bem como semelhantes fatores de *inputs* e *outputs*" (Martins, 2012, p. 53).

com vários *inputs* e *outputs*. Uma DMU deve ser classificada como tecnicamente eficiente se e apenas se o desempenho de outras DMUs não revelar que os seus *inputs* ou *outputs* podem ser melhorados sem piorar respectivamente alguns dos outros *inputs* ou *outputs* (*e.g.*, Cooper et al., 2011). Por outras palavras, as DMUs tecnicamente eficientes são aquelas que não são dominadas por nenhuma outra DMU, determinando uma fronteira de eficiência.

Após Charnes et al. (1978) surgiram vários desenvolvimentos e aplicações do DEA a várias áreas. Charnes et al. (1982, 1983) desenvolveram modelos multiplicativos de DEA, que originam fronteiras constituídas por segmentos não lineares (*e.g.*, do tipo log-log). Por outro lado, Charnes et al. (1985) propuseram modelos aditivos, em que as fronteiras de produção são lineares e os rendimentos à escala são variáveis. Posteriormente, surgiram outros desenvolvimentos (*e.g.*, Färe et al., 1994b) e numerosas aplicações do DEA a várias áreas: educação (*e.g.*, Agasisti et al., 2019), setor bancário (*e.g.*, Chortareas et al., 2012), entre outros. Acrescente-se que os modelos de DEA são determinísticos e por essa razão não permitem inferência estatística.

A partir do modelo de DEA com rendimentos constantes à escala é, ainda, possível avaliar índices de variação da produtividade total dos fatores do setor através do índice de Malmquist, de modo a analisar a evolução da produtividade dos diferentes setores ao longo do tempo, bem como os fatores que estão na origem dos ganhos/perdas de produtividade (Färe et al., 1994b).

### **2.3.3. Segundo estágio do método bietápico**

A literatura disponibiliza um conjunto variado de estudos desenvolvidos em torno das fronteiras de eficiência que aplicam, num segundo estágio do método bietápico, técnicas de análise complementares a fim de identificar os fatores explicativos dos índices de eficiência. Tome-se como exemplo, Coelli et al. (2005, cap. 7) que sugerem uma metodologia bietápica na análise da eficiência, estimando os índices a partir do método DEA, num primeiro estágio, e identificando as variáveis que têm impacto nos índices de eficiência, num segundo estágio, através da utilização de modelos *tobit*, por exemplo, nos quais os índices de eficiência correspondem à variável dependente.

Posteriormente, surgiu um conjunto de estudos aplicados a diferentes setores de atividade que adotam esta abordagem bietápica, conjugando a estimação dos índices de eficiência DEA com a utilização de modelos *tobit*. A título de exemplo, refira-se os estudos de

Kirjavainen e Loikkanen (1998) e Ruggiero (1998) no ensino; Li e Shi (2014) no setor da energia; Ferrier e Valdmanis (1996), Grosskopf et al. (2004), Kooreman (1994) e Marinho (2003) no setor da saúde; Boame (2004) e Scheraga (2004) nos transportes.

Especificamente no setor da construção, esta metodologia bietápica também foi aplicada por diversos autores, nomeadamente Albertini et al. (2021), Córdova e Alberto (2018), Nazarko e Chodakowska (2015, 2017), entre outros.

Tendo em conta que os índices de eficiência de *inputs* (*outputs*) assumem valores inferiores a 1 (superiores a 1) e que normalmente se concentram à volta de 1, os autores optam por aplicar os modelos *tobit* em detrimento dos modelos de regressão lineares simples que não se revelam apropriados quando a distribuição empírica da variável dependente é truncada à direita (esquerda) em 1 (*e.g.*, Grosskopf et al., 2004). O modelo *tobit*, inicialmente denominado por modelo de variável dependente limitada, é semelhante ao modelo de regressão linear, no entanto assume uma distribuição normal truncada ou censurada<sup>16</sup> (Oliveira, 2004).

Não obstante a existência de um conjunto variado de estudos que complementam a análise dos índices de eficiência DEA, numa segunda fase, a partir de modelos de regressão linear e *tobit*, a seleção do modelo mais apropriado ainda não é consensual entre os autores. Isto porque há um conjunto de questões metodológicas associadas ao método DEA que podem colocar em causa os próprios resultados, nomeadamente a autocorrelação dos índices de eficiência gerados pelo método DEA, sendo que essa correlação invalida a inferência estatística convencional (Simar & Wilson, 2007, 2008).

Neste contexto, autores como Simar e Wilson (2007, 2008), Xue e Harker (1999) e Casu e Molyneux (2003) defendem a aplicação de métodos de *bootstrap* que permitem ultrapassar o problema da autocorrelação dos índices de eficiência, ao contrário dos modelos *tobit*. Considerando, especificamente, a análise de eficiência do setor da construção, os trabalhos de Horta et al. (2013) e Kapelko e Lansink (2015) constituem exemplos de estudos que aplicam uma regressão truncada com *bootstrap* como uma técnica de análise complementar ao método DEA utilizado numa primeira etapa.

---

<sup>16</sup> Uma amostra diz-se censurada quando a variável relevante é desconhecida para uma parte dos indivíduos da população. Por outro lado, uma amostra é truncada quando são conhecidos os valores das variáveis para todos os indivíduos, mas respeita apenas a um segmento do universo de interesse.

## 2.4. Análise da eficiência no setor da construção

A consciencialização da importância da eficiência e das inúmeras tentativas para implementar estratégias que permitam o incremento da produtividade estão relacionadas com a estimação da eficiência que tem vindo a receber uma atenção cada vez mais crescente. No entanto, qualquer estimação depende tanto dos critérios de análise selecionados, como dos modelos utilizados, tendo em conta que o método adotado pode ter um impacto significativo nos resultados obtidos (*e.g.*, Nazarko & Chodakowska, 2017).

Normalmente, a avaliação do desempenho do setor da construção, em particular, envolve o uso de *Key Performance Indicators* (KPIs), no entanto, ao longo dos últimos anos, têm vindo a ser explorados métodos de fronteira, em particular o método DEA, para complementar a informação sobre esses indicadores, geralmente disponível em plataformas de *benchmarking* (Horta et al., 2013).

El-Mashaleh et al. (2007) propuseram o uso de modelos de DEA para permitir não só que as construtoras fossem avaliadas de forma transversal, como também identificar áreas específicas de melhoria, enquanto Horta et al. (2010) desenvolveram uma metodologia para avaliar o desempenho da empresa combinando o uso de KPIs e DEA. Por outro lado, também existem estudos de apoio às empresas do setor no âmbito da seleção em processos de licitação. Por exemplo, McCabe et al. (2005) usaram o DEA para desenvolver um sistema de pré-qualificação de empreiteiros de modo a selecionar os melhores, bem como informar os mesmos sobre o seu desempenho, ao passo que El-Mashaleh (2010) propôs uma abordagem DEA para orientar os empreiteiros no processo de licitação, considerando que as melhores ofertas constituem a fronteira DEA. Os estudos descritos anteriormente focam-se essencialmente no desempenho de empresas individuais, fornecendo *insights* sobre pontos fortes, pontos fracos e metas de melhoria, no entanto há um vasto conjunto de estudos orientados para a avaliação do setor em países particulares. Tome-se como exemplo, You e Zi (2007) que analisaram diferentes tipos de eficiência do setor na Coreia entre 1996 e 2000 e Xue et al. (2008) que usaram o índice de Malmquist para medir a variação da produtividade do setor na China entre 1997 e 2003.

No entanto, são escassos os estudos que estabelecem comparações entre os diferentes países neste âmbito, destacando-se o de Nazarko e Chodakowska (2015) que usaram o método DEA para analisar a eficiência e a produtividade do setor da construção em 24 Estados-membros da UE (bem como na Noruega) em 2006 e 2012 (ver Quadro 1). Os

autores optaram pelo modelo de rendimentos variáveis à escala (DEA-VRS) orientado para os *outputs*, considerando o número de pessoas empregadas como *input* e como *outputs* o volume de negócios (VN) e o excedente bruto de exploração (EBE). Os resultados obtidos a partir do método DEA revelaram diferenças significativas na eficiência dos vários países analisados, sendo apenas quatro os países tecnicamente eficientes em ambos os anos. A maior parte dos países europeus registaram um aumento da produtividade entre 2006 e 2012, sendo o progresso tecnológico, em geral, a principal fonte desse aumento.

**Quadro 1 – Resumo dos principais estudos sobre a eficiência do setor da construção na Europa<sup>17</sup>**

Autor(es)	Amostra	Horizonte temporal	Metodologia	Outputs	Inputs	Conclusões <sup>(1) (2)</sup>
Nazarko & Chodakowska (2015)	24 Estados-membros + Noruega	2006 e 2012	DEA-VRS orientado para os <i>outputs</i>	VN, EBE	Nº pessoas empregadas	(+) CY*, LU*, UK* ES* (2006) FR* (2012) (-) BG, LT, RO
Murillo et al. (2019)	7 Estados-membros	2008-2015	MEA-VRS orientado para os <i>inputs</i>	Valor da produção, produtividade aparente do trabalho	Custos com pessoal, compras B&S, investimento bruto em bens tangíveis, máquinas e equipamentos	(-) HU, PL, PT, DE (+) AT, IT, ES
Nazarko & Chodakowska (2017)	27 Estados-membros + Suíça e Noruega	2013	SFA e DEA-CRS orientado para os <i>inputs</i>	VN, EBE	Nº pessoas empregadas	(+) BG*, RO*, PL, GR, LV (DEA) (+) BG*, CZ, LV, HU, PL (SFA) (↓) MT, GR, CY, RO (↑) FR
Horta et al. (2013)	118 empresas; 3 regiões (Europa, Ásia e América do Norte)	1995-2003	DEA-CRS orientado para os <i>outputs</i>	Valor líquido das vendas	Passivo corrente, capital próprio, custo das mercadorias vendidas	(+) Empresas norte-americanas (-) Empresas europeias e asiáticas

**Notas:** <sup>(1)</sup> AT (Áustria); BG (Bulgária); CY (Chipre); CZ (República Checa); DE (Alemanha); ES (Espanha); FR (França); GR (Grécia); HU (Hungria); IT (Itália); LT (Lituânia); LU (Luxemburgo); LV (Letónia); MT (Malta); PL (Polónia); PT (Portugal); RO (Roménia); UK (Reino Unido)

<sup>(2)</sup> (-): DMUs menos eficientes; (+): DMUs mais eficientes; (↓): países que desceram em termos de *ranking* face ao método DEA; (↑): países que melhoraram em termos de *ranking* face ao método DEA; \* indica as DMUs tecnicamente eficientes

<sup>17</sup> Os estudos de Albertini et al. (2021) e Córdova e Alberto (2018), mencionados na subsecção anterior, não são referidos nesta, tendo em conta que se reportam a outros domínios. Albertini et al. (2021) focam-se em questões ambientais, enquanto Córdova e Alberto (2018) analisam apenas empresas do Equador.

Por outro lado, Murillo et al. (2019) analisaram a eficiência técnica do setor da construção apenas de sete países europeus (Áustria, Alemanha, Hungria, Itália, Polónia, Portugal e Espanha), desde 2008 até 2015<sup>18</sup>. Os autores utilizaram uma abordagem não paramétrica, o *Multidirectional Efficiency Analysis* (MEA) em detrimento do DEA porque, embora este último utilize uma contração radial de todos os *inputs* (no modelo orientado para os *inputs*), o MEA seleciona parâmetros de referência de modo que as reduções de *inputs* sejam proporcionais às melhorias potenciais na eficiência identificadas, considerando o potencial de melhoria em cada *input* separadamente. Portanto, este método revela-se mais adequado para analisar separadamente os índices de eficiência de cada DMU (Asmild & Matthews, 2012).

No estudo de Murillo et al. (2019) foi utilizado o modelo de rendimentos variáveis à escala orientado para os *inputs*, que minimiza os *inputs* mantendo constante os níveis de *output*, e o algoritmo MEA foi aplicado duas vezes de forma a diferenciar ainda mais as DMUs classificadas como mais eficientes no primeiro estágio. Numa primeira fase, o método MEA foi aplicado com base no conjunto das onze variáveis inicialmente escolhidas pelos autores como sendo as mais relevantes estatisticamente. Neste contexto, o primeiro estágio considerou como *inputs* os custos com pessoal, o total de compras em bens e serviços (B&S), os salários e remunerações, os custos com a Segurança Social, o investimento bruto em bens tangíveis, máquinas e equipamentos, o número de trabalhadores e o VN por pessoa empregada, e como *outputs* o VN ou prémios brutos emitidos, o valor da produção e a produtividade aparente do trabalho. No segundo estágio, o algoritmo foi aplicado novamente sobre os resultados obtidos, mas considerando apenas os custos com pessoal, as compras de B&S, o investimento bruto em bens tangíveis, máquinas e equipamentos, e o VN por pessoa empregada como *inputs* e o valor da produção e a produtividade aparente do trabalho como *outputs*. Da análise da eficiência técnica do setor ao longo do tempo, verifica-se que a ineficiência foi mais acentuada nos anos 2011 e 2013, refletindo um impacto desfasado da crise, e a ineficiência foi menor nos anos 2010, 2014 e 2015. Em termos de países, a Hungria e a Polónia apresentaram os menores níveis de eficiência técnica, seguindo-se Portugal e Alemanha, ao passo que a Áustria, a Itália e a Espanha obtiveram o melhor desempenho.

---

<sup>18</sup> O estudo considera 9 setores agrupados nas 3 grandes categorias de construção de acordo com o código F da classificação estatística das atividades económicas na União Europeia (NACE Rev.2): Construção de Edifícios (F41), Engenharia Civil (F42) e Atividades Especializadas de Construção (F43).

Em jeito de comparação com os resultados obtidos no estudo de Nazarko e Chodakowska (2015) para os sete países analisados por Murillo et al. (2019), embora o método utilizado em ambos não tenha sido o mesmo, assim como o período temporal analisado e as variáveis utilizadas, as conclusões são semelhantes, no sentido em que países como a Hungria, a Polónia e Portugal apresentam índices de eficiência relativamente baixos, quer em 2006, quer em 2012, enquanto a Áustria, a Itália e a Alemanha se mantêm numa posição superior. Destaca-se apenas a situação da Espanha que entre 2006 e 2012 revelou uma queda bastante significativa (de 1 para 0,583) no estudo de Nazarko e Chodakowska (2015), sendo, assim, parcialmente consistente com a conclusão do estudo de Kapelko e Lansink (2015) que analisa a eficiência técnica do setor da construção espanhol a partir do método DEA antes e após a crise financeira (entre 2000 e 2010), uma vez que os resultados obtidos evidenciam um índice de eficiência baixo e significativamente menor após o início da crise financeira.

Mais recentemente, Nazarko e Chodakowska (2017) analisaram a eficiência do setor em 27 Estados-membros da UE (bem como na Suíça e Noruega) no ano de 2013, recorrendo a um método paramétrico, denominado de *Stochastic Frontier Analysis* (SFA), e ao DEA<sup>19</sup> com rendimentos constantes à escala. O objetivo desse estudo é investigar se existem diferenças substanciais nas estimativas de eficiência geradas pelos métodos SFA e DEA, assim como nos *rankings*. Nazarko e Chodakowska (2017) concluem que as diferenças nos índices de eficiência entre os países europeus obtidos pelo método SFA não foram tão significativas como as obtidas pelo método DEA, o que sugere que este último tem uma capacidade discriminativa maior. Portanto, a comparação entre os dois métodos foi realizada com base nos *rankings* dos resultados obtidos para ambos. Em alguns casos, a diferença ascendeu a mais de dez posições no *ranking*, como é o caso de Malta, Grécia, Chipre e Roménia que desceram e, inversamente, o caso da França que subiu mais de 10 posições no *ranking* quando comparado com o método DEA. Neste âmbito, torna-se importante referir que desse conjunto de países, tanto a Roménia como a Grécia faziam parte dos cinco melhores países em termos de eficiência quando avaliada pelo método DEA. Por outro lado, o método SFA confirmou a Bulgária como um *benchmark*, mantendo-se na primeira posição, ao contrário da Roménia que deixa de ser tecnicamente eficiente quando avaliada pelo método SFA. Os restantes países que se destacam positivamente neste trabalho são a

---

<sup>19</sup> Ver, em anexo, o Quadro A1 que resume as características, as diferenças e as semelhanças dos métodos DEA e SFA.

Polónia, a Letónia, a República Checa e a Hungria que permanecem nas primeiras posições do *ranking*.

Num segundo estágio, Nazarko e Chodakowska (2015, 2017) aplicaram um modelo de regressão *tobit* para obterem *insights* sobre o papel do PIB *per capita* na eficiência técnica do setor, tendo em conta que o modelo de DEA utilizado para gerar os índices de eficiência não considera o impacto de fatores exógenos. Os resultados empíricos indicam que o PIB *per capita* constitui uma variável estatisticamente significativa e com um impacto negativo na eficiência técnica do setor da construção. Não obstante, os resultados da regressão *tobit* obtidos não são fiáveis em virtude do número reduzido de graus de liberdade. Adicionalmente, é de notar o problema da autocorrelação dos índices de eficiência estimados a partir de modelos determinísticos de DEA discutido por Simar e Wilson (2007) que, por sua vez, defendem que o modelo *tobit* não é capaz de gerar estimadores consistentes no segundo estágio, invalidando, assim, a inferência estatística convencional.

Em termos de regiões continentais, destaca-se o contributo de Horta et al. (2013) que analisaram a eficiência do setor em três regiões, Europa, Ásia e América do Norte, possibilitando compreender a posição da Europa quando comparada com os principais mercados do setor. Para tal, os autores analisaram uma amostra de 118 empresas divididas por essas três regiões entre 1995 e 2003. A estimativa dos índices de eficiência foi obtida a partir do método DEA, complementado com *bootstrapping* para obter uma estimativa de eficiência robusta, considerando como *inputs* o total do passivo corrente para medir a liquidez, o capital próprio como *proxy* da alavancagem e o custo das mercadorias vendidas, e como *output* o valor líquido das vendas. Adicionalmente, também analisaram a convergência das regiões analisadas a partir do índice de Malmquist, complementado também com *bootstrapping* para a estimativa da variação da produtividade ao longo do tempo. Os resultados revelam uma maior eficiência nas empresas norte-americanas face às europeias e asiáticas, no entanto também apontam para uma convergência dos níveis de eficiência entre as três regiões, uma vez que a produtividade da América do Norte permanece estável ao longo dos anos, enquanto na Ásia e na Europa melhora ligeiramente. Por fim, os resultados também indicam a existência de uma relação entre o contexto económico e a *performance* do setor da construção. Em particular, a Ásia registou um declínio da sua produtividade na sequência de uma redução considerável da eficiência em 1998, imediatamente após o colapso do mercado de ações asiático que desencadeou uma

crise financeira. Em 1999, um ano depois, a produtividade da Europa também registou um decréscimo, bem como os respetivos níveis de eficiência, na sequência do abrandamento da atividade económica europeia devido à diminuição das exportações que se começou a registar a partir de 1998 após a crise financeira asiática. Adicionalmente, a América do Norte registou a queda mais significativa em termos de produtividade em 2003, o que, segundo os autores, pode derivar da pequena recessão que afetou a região em 2001 e que causou um desinvestimento no mercado residencial. Neste sentido, os resultados sugerem uma correlação positiva entre a evolução da atividade económica e a eficiência técnica ao nível do setor da construção, ao contrário do que os resultados em Nazarko e Chodakowska (2015, 2017) indicam.

Mais recentemente, no seguimento da análise de eficiência do setor da construção chinês entre 2000 e 2017, Yuan et al. (2020) desenvolveram um sistema de coordenadas em que o eixo horizontal representa a média do PIB *per capita* e o vertical diz respeito à eficiência técnica, concluindo que o crescimento económico tem um efeito direto sobre o desempenho do setor<sup>20</sup>. Da mesma forma, ao analisarem os fatores socioeconómicos que impactam a eficiência técnica do setor da construção espanhol através de *bootstrap*, Kapelko e Lansink (2015) também concluem pela existência de uma relação positiva entre o PIB *per capita* e a eficiência, tendo em conta que o coeficiente do PIB *per capita* é positivo e significativo com um nível de significância de 5%. Os autores justificam a relevância desta variável pelo aumento das disparidades, já consideradas significativas, no rendimento regional *per capita* que se tem verificado em Espanha nas últimas décadas. Por outro lado, segundo os autores, um PIB *per capita* mais elevado desencadeia uma procura superior por serviços de construção e pode induzir as empresas a cobrar preços mais altos, o que incrementa o lucro, mas reduz o incentivo para as empresas operarem de forma eficiente. No entanto, o crescimento do PIB também pode atrair novas empresas do setor para o mercado, aumentando, assim, a concorrência que, por sua vez, pode forçar as empresas a operar eficientemente para sobreviver. Adicionalmente, o desenvolvimento económico está positivamente correlacionado com o nível de infraestruturas e capital humano que, por sua vez, impacta positivamente no uso eficiente de recursos nas empresas (Stavárek, 2006).

Neste contexto, torna-se perceptível a falta de consenso na literatura quanto ao impacto do contexto económico sobre a eficiência do setor da construção, possivelmente explicada

---

<sup>20</sup> Ver, em anexo, a Figura A2 que ilustra o sistema de coordenadas desenvolvido pelos autores.

pela diferença da magnitude dos efeitos que a variação do PIB *per capita* exerce sobre o setor da construção. Por exemplo, se um aumento do PIB *per capita* resultar num efeito superior sobre a procura do que na entrada de novas empresas no mercado, prevê-se um impacto negativo no nível da eficiência. Pelo contrário, se um aumento do PIB *per capita* resultar num efeito superior sobre a entrada de novas empresas em detrimento da procura, é expectável uma influência positiva sobre a eficiência do setor da construção.

### 3. Metodologia e variáveis

Neste estudo será aplicado o método DEA para avaliar a eficiência técnica do setor da construção dos países da UE, dadas as suas vantagens e ampla utilização em estudos empíricos. Não obstante as suas limitações, nomeadamente a sensibilidade do método à existência de *outliers*<sup>21</sup> e os modelos serem na sua maioria determinísticos e, como tal, não permitirem a inferência estatística, o método DEA permite gerar índices de eficiência que não são sensíveis a alterações nas unidades de medida dos *inputs* e *outputs* e, ainda, incluir variáveis não discricionárias ou fixadas exogenamente – definidas como variáveis que estão fora do controlo da unidade de decisão (*e.g.*, Banker & Morey, 1986; Charnes et al., 1994).

O método DEA mede a eficiência relativa das DMUs representadas, neste trabalho, pelo setor da construção de cada país, comparando cada setor com os classificados como eficientes, através de uma fronteira de eficiência. O índice de ineficiência de uma DMU é calculado com base na sua distância à fronteira de eficiência. Os setores eficientes são aqueles para os quais não há nenhum setor de um outro país, ou combinação linear de setores, que produza mais de cada *output* (dado os respetivos *inputs*) ou, que utilize menos *inputs* (dado os respetivos *outputs*). Após a obtenção dos índices de eficiência, será também empregue um modelo de variável dependente truncada para procurar explicar estes índices. Em particular, será utilizado um algoritmo – *single bootstrap* – que permite melhorar a inferência estatística (Simar & Wilson, 2007).

Neste estudo serão também avaliados índices de variação da produtividade total dos fatores dos vários setores através do índice de Malmquist, entre 2015 e 2018. Neste caso concreto, optou-se pelo índice de Malmquist porque (i) é calculado utilizando-se apenas informação sobre as quantidades de *inputs* e *outputs*, não exigindo informação sobre os preços, o que constitui uma vantagem se não existir informação sobre os preços ou se existirem distorções nos preços; (ii) não pressupõe uma forma funcional para a tecnologia de produção; (iii) não assume nenhum pressuposto comportamental, nem pressupõe um desempenho eficiente; (iv) existindo dados em painel, permite a decomposição da variação da produtividade total dos fatores e, conseqüentemente, providencia informação sobre as fontes de variação da produtividade (Caves et al., 1982).

---

<sup>21</sup> A sensibilidade à existência de *outliers* é uma característica comum aos métodos de análise de fronteiras de eficiência.

Neste sentido, nas subsecções seguintes será apresentada a metodologia usada no primeiro e segundo estágios do método bietápico da análise de eficiência técnica (subsecções 3.1 e 3.2) e o índice de Malmquist (subsecção 3.3). Na subsecção 3.4 descreve-se a seleção da amostra e as variáveis utilizadas neste estudo.

### 3.1. Estimação da eficiência técnica – *Data Envelopment Analysis*

Os modelos clássicos de DEA são o *Constant Returns to Scale* (CRS) e o *Variable Returns to Scale* (VRS), sendo que eles se orientam mediante a função objetivo do modelo, se orientados para os *inputs* se para os *outputs*, ou seja, o DEA apresenta dois modelos principais e dois tipos de orientações em cada modelo. Neste caso concreto, optou-se por selecionar o modelo de rendimentos variáveis à escala, orientado para os *inputs*, que se podem consubstanciar em rendimentos crescentes à escala, caso as variações nos *outputs* sejam mais do que proporcionais às variações nos *inputs*, rendimentos decrescentes à escala, caso as variações nos *outputs* sejam menos do que proporcionais às variações nos *inputs*, e rendimentos constantes à escala.

A escolha pelo modelo de rendimentos variáveis à escala é justificada pelo facto de, em geral, este pressuposto permitir que o setor da construção de um dado país seja comparado com outros setores da mesma dimensão ou dimensão similar (*e.g.*, Coelli et al., 2005, cap. 6), tendo em conta que a amostra é constituída por setores de dimensões muito distintas. Neste sentido, no segundo estágio, a análise dos fatores explicativos da eficiência técnica não inclui a eficiência de escala, estando, assim, a analisar a eficiência técnica pura. Não obstante o pressuposto assumido quanto aos rendimentos à escala devido à existência de DMUs com dimensões distintas, optou-se por utilizar o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (*e.g.*, Siegel & Castellan, 1988) para avaliar se os índices de eficiência calculados assumindo CRS e os índices calculados pressupondo VRS têm a mesma função de distribuição empírica (Banker, 1996). Neste caso, a estatística de teste obtida indica que as funções de distribuição empírica dos índices de eficiência são idênticas. Neste sentido, pode-se inferir que a tecnologia de produção pode ser caracterizada por CRS ou VRS<sup>22</sup>.

Por outro lado, optou-se por selecionar o modelo sob a ótica dos *inputs* tendo em conta as características do setor em estudo. Em situações de crise, por exemplo, as construtoras

---

<sup>22</sup> Ver, em anexo, os resultados obtidos para o teste de Kolmogorov-Smirnov em cada ano a partir do *software* Stata (versão 16.1) (Figuras A3 - A6) e os índices de eficiência técnica obtidos com base no modelo de DEA com rendimentos constantes à escala (Tabela A1).

tendem a diminuir o emprego e reduzir a sua dimensão, traduzindo-se, assim, numa clara orientação para a redução dos *inputs*. Adicionalmente, as empresas do setor da construção, em geral, não têm controlo sob os níveis de *output*, por exemplo, sobre os níveis de serviço procurado pelos clientes, tornando-se, assim, mais racional para a empresa ajustar o seu nível de *inputs* do que ajustar o seu nível de *outputs*. Neste sentido, torna-se mais apropriada a orientação para os *inputs* na análise da eficiência técnica do setor da construção.

A medida de eficiência técnica de um vetor de *inputs*  $x$ ,  $TE_I(y, x)$ , é uma função  $TE_I: \mathfrak{R}_+^M \times \mathfrak{R}_+^N \rightarrow \mathfrak{R}_+$  definida da seguinte forma:

$$TE_I(y, x) = \min_{\lambda} \{ \lambda x \in V(y) \}, x \in V(y),$$

sendo  $V(y)$  o conjunto dos *inputs* e  $y$  o vetor de *outputs*.

A medida  $TE_I(y, x)$  é uma medida radial de eficiência técnica visto que representa a distância do vetor de *inputs*  $x$  à fronteira do conjunto  $V(y)$ ,  $Isoq V(y)$ , medida ao longo do raio que parte da origem e passa pelo vetor  $x$ .  $TE_I(y, x)$  representa, portanto, o montante máximo que o vetor de *inputs*  $x$  pode ser radialmente reduzido, sendo, ainda, possível produzir o vetor de *outputs*  $y$ .

Seja  $S_{KT} = \{(y^{kt}, x^{kt}), k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T\}$  uma amostra de dimensão  $KT$ , sendo  $K$  o número de DMUs,  $T$  o número de períodos de tempo e  $y^{kt}$  e  $x^{kt}$ , respetivamente, o vetor de *outputs* e de *inputs* da DMU  $k$  no período  $t$ . O estimador da medida radial de eficiência técnica de *inputs*, considerando  $\hat{V}_K(y^j | V, S)$  como a tecnologia de referência no período  $t$  e utilizando a definição de medida radial de eficiência técnica, é construído da seguinte forma (e.g., Coelli et al., 2005, cap. 7):

$$\begin{aligned} \widehat{TE}_I(y^{jt}, x^{jt} | V, S) &= \min_{\lambda, z} \{ \lambda x^{jt} \in \hat{V}_K(y^{jt} | V, S) \} \\ &= \min_{\lambda, z} \{ \lambda: \sum_{k=1}^K z^{kt} y_m^{kt} \geq y_m^{jt}, m = 1, \dots, M; \\ &\quad \sum_{k=1}^K z^{kt} x_n^{kt} \leq \lambda x_n^{jt}, n = 1, \dots, N; \\ &\quad z^{kt} \geq 0, k = 1, \dots, K \\ &\quad \sum_{k=1}^K z^{kt} = 1 \}, \end{aligned} \quad (1)$$

sendo  $z^{kt}, k = 1, \dots, K$ , os coeficientes de intensidade, ou seja,  $z^{kt}$  representa o peso de cada observação na determinação da fronteira de referência,  $Isoq \hat{Y}_K(y^{jt}|V, S)$  (i.e., a isoquanta do conjunto de *inputs*), em que  $V$  indica rendimentos variáveis à escala e  $S$  a propriedade da monotonicidade forte em  $x$  e  $y$ <sup>23</sup>.

O problema de minimização em (1) gera, para cada observação  $j, j = 1, \dots, K$ , e em cada período de tempo, uma estimativa da eficiência técnica,  $\widehat{TE}_I(y^{jt}, x^{jt}|V, S)$ , que indica a distância do vetor  $x^j$  à  $Isoq \hat{Y}_K(y^{jt}|V, S)$ , medida ao longo do raio que parte de  $0_N$  e passa por  $x^j$ .

### 3.2. Análise dos determinantes da eficiência técnica – *Bootstrap*

Esta dissertação, como referido anteriormente, utiliza um procedimento bietápico. O primeiro estágio consiste na obtenção e análise dos índices de eficiência técnica. No segundo estágio será aplicada uma regressão truncada na qual os índices de eficiência obtidos pelo método DEA constituem a variável dependente<sup>24</sup> e as variáveis contextuais as variáveis explicativas, tendo em conta que o objetivo deste estágio consiste em determinar fatores que afetam a eficiência do setor da construção.

Simar e Wilson (2007) propõem dois algoritmos – *single* e *double bootstrap*. O segundo revela-se mais adequado do que o primeiro à medida que o tamanho da amostra aumenta, uma vez que os coeficientes estimados convergem mais rapidamente para os valores verdadeiros (Simar & Wilson, 2007). Portanto, tendo em conta o tamanho reduzido da amostra e o número de *outputs* e *inputs* considerados neste estudo, será adotado o algoritmo *single bootstrap* por se revelar mais conveniente neste âmbito. Este algoritmo corrige a correlação em série associada aos modelos de DEA (Gulati & Kumar, 2017; Simar & Wilson, 2007) e possibilita a construção de intervalos de confiança para os parâmetros das variáveis explicativas.

O modelo de regressão a estimar é especificado da seguinte forma:

$$\hat{\lambda}_j = z_j \beta + \varepsilon_j \quad (2)$$

---

<sup>23</sup> A propriedade da monotonicidade forte em  $x$  e  $y$  significa que a utilização de uma quantidade adicional de, pelo menos, um *input* não reduz as quantidades de *outputs* produzidos.

<sup>24</sup> Os índices de eficiência técnica são inferiores ou iguais a um, ou seja, a variável dependente apresenta truncamento à direita em 1.

em que  $j$  ( $j = 1, \dots, K$ ) indica a DMU;  $\hat{\lambda}_j$  é a eficiência técnica da  $DMU_j$  estimada pelo método DEA no primeiro estágio (variável dependente);  $z_j$  é um vetor de variáveis explicativas da eficiência técnica do setor da construção do país  $j$ ;  $\beta$  é um vetor de coeficientes a serem estimados associados a essas mesmas variáveis e  $\varepsilon_j$  é a perturbação aleatória com uma distribuição  $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ .

O algoritmo *single bootstrap* consiste nos seguintes passos:

1. Obter  $\hat{\lambda}_j$  para cada DMU através do método DEA – 1º estágio (ver subsecção 3.1);
2. Recorrer ao método de máxima verossimilhança para obter um estimador  $\hat{\beta}$  de  $\beta$ , bem como um estimador  $\hat{\sigma}_\varepsilon$  de  $\sigma_\varepsilon$  da regressão normal truncada em (2), usando  $m < K$  observações nas quais  $\hat{\lambda}_j < 1$ , isto é, eliminando as observações com eficiência unitária (por outras palavras, utilizando apenas as DMUs ineficientes);
3. Repetir os 3 passos seguintes (3.1-3.3)  $L$  vezes para obter por *bootstrapping* um conjunto de estimativas  $A = \{(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)_b\}_{b=1}^L$ :
  - 3.1. Para cada DMU  $j$ , gerar  $\varepsilon_j$  da distribuição  $N(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2)$  truncada à direita em  $1 - z_j \hat{\beta}$ ;
  - 3.2. Para cada DMU  $j$ , calcular um novo índice de eficiência de acordo com a relação:  $\lambda_j^* = z_j \hat{\beta} + \varepsilon_j$ ;
  - 3.3. Utilizar o método de máxima verossimilhança para estimar a regressão truncada de  $\lambda_j^*$  em  $z_j$  e obter novas estimativas  $(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)$ ;
4. Usar os valores obtidos por *bootstrapping* em A e as estimativas originais  $\hat{\beta}$  e  $\hat{\sigma}_\varepsilon$  (2º passo) para obter estimativas *bootstrap* de parâmetros e intervalos de confiança  $(1 - \alpha)$ .

### 3.3. Produtividade total dos fatores – Índice de Malmquist

Neste trabalho também serão avaliados índices de variação da produtividade total dos fatores do setor da construção dos países da UE através do índice de Malmquist, no período compreendido entre 2015 e 2018, e a sua decomposição em variação da eficiência técnica e variação tecnológica. O índice de variação da produtividade de Malmquist, construído com base na função distância radial de *inputs*, foi desenvolvido como um índice teórico por Caves et al. (1982). Alguns estudos empíricos utilizam este índice para analisar

o crescimento da produtividade total dos fatores em diversos setores de atividade (veja-se, por exemplo, Berg et al., 1992; Färe et al., 1992, 1994a).

Os índices de variação da produtividade total dos fatores que consideram a tecnologia do período  $t$  e a tecnologia do período  $t + 1$  como referência não são, necessariamente, iguais, uma vez que são calculados em relação a tecnologias de referência diferentes. Assim, para evitar a escolha arbitrária de uma tecnologia de referência, o índice de variação da produtividade, entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ , é definido como a média geométrica desses dois índices de Malmquist (Färe et al., 1992)<sup>25</sup>:

$$\begin{aligned} M_I(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) &= [M_I^t(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) * M_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t)]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[ \left( \frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)}{D_I^t(y^t, x^t | C, S)} \right) * \left( \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)}{D_I^{t+1}(y^t, x^t | C, S)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (3)$$

sendo  $D_I$  a função distância radial de *inputs* e  $C$  indica rendimentos constantes à escala. O índice  $t$  ( $t + 1$ ) na função distância indica que a tecnologia de referência é a do período  $t$  ( $t + 1$ ).  $M_I < (>) 1$  indica que a produtividade total dos fatores aumenta (diminui) entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ . Se  $M_I = 1$ , a produtividade não se altera entre esses períodos.

O índice em (3) designa-se, assim, por índice de variação da produtividade total dos fatores de Malmquist que pode ser decomposto em duas componentes (Färe et al., 1994b):

$$EFFCH_I = \left( \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)}{D_I^t(y^t, x^t | C, S)} \right) \quad (4)$$

$$TECH_I = \left[ \left( \frac{D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)}{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)} \right) * \left( \frac{D_I^t(y^t, x^t | C, S)}{D_I^{t+1}(y^t, x^t | C, S)} \right) \right]^{1/2} \quad (5)$$

sendo  $EFFCH_I$  o índice de variação da eficiência técnica de *inputs* e  $TECH_I$  o índice da variação tecnológica.  $EFFCH_I < (>) 1$  indica que a eficiência técnica aumenta (diminui) entre os dois períodos, ou seja, a DMU aproxima-se (afasta-se) da fronteira de referência.  $EFFCH_I = 1$  implica que a eficiência técnica não se altera entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ . Esta componente designa-se por efeito de *catching-up*.  $TECH_I$  é um índice de variação tecnológica e mede a deslocação da fronteira de produção entre os dois períodos, avaliada

<sup>25</sup> Em prol de uma exposição clara do índice de Malmquist, omite-se das funções distância e dos vetores  $y$  e  $x$  o índice  $j$ , que representa a DMU  $j$ ,  $j=1, \dots, K$ .

em  $(y^{t+1}, x^{t+1})$  e  $(y^t, x^t)$ . O valor desta componente pode ser inferior, igual ou superior a 1. Se  $TECH_t < (>) 1$ , esta componente indica progresso técnico (retrocesso técnico); se  $TECH_t = 1$ , a fronteira de produção não se altera entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ .

Por outro lado, o índice  $EFFCH_t$ , calculado com base numa tecnologia com rendimentos constantes à escala, pode ser decomposto em duas componentes: a variação da eficiência técnica pura, calculada em relação a uma tecnologia com rendimentos variáveis à escala, e uma componente residual, que incorpora variações no desvio entre a tecnologia com rendimentos variáveis à escala e a tecnologia com rendimentos constantes à escala. A componente residual é interpretada como uma variação da eficiência de escala (Färe et al., 1994b). Analisando a decomposição de  $EFFCH_t$  temos que:

$$\begin{aligned}
EFFCH_t &= \left( \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S)}{D_I^t(y^t, x^t | C, S)} \right) \\
&= \left( \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)}{D_I^t(y^t, x^t | V, S)} \right) * \left( \frac{[D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | C, S) / D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)]}{[D_I^t(y^t, x^t | C, S) / D_I^t(y^t, x^t | V, S)]} \right) \quad (6) \\
&= \left( \frac{D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)}{D_I^t(y^t, x^t | V, S)} \right) * \frac{SE_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{SE_I^t(y^t, x^t)} \\
&= PEFFCH_t * SECH_t
\end{aligned}$$

em que  $V$  indica rendimentos variáveis à escala,  $SE_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})$  é uma medida da eficiência de escala no período  $t + 1$  e  $SE_I^t(y^t, x^t)$  mede a eficiência de escala no período  $t$ .  $PEFFCH_t$  e  $SECH_t$  representam, respetivamente, a variação da eficiência técnica pura e a variação da eficiência de escala (Färe et al., 1994b).

Tendo em conta a decomposição em (6) e as equações (3)-(5), o índice de variação da produtividade total de fatores é, então, igual ao produto de três componentes:

$$M_t(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = PEFFCH_t * SECH_t * TECH_t \quad (7)$$

Notando que a componente  $PEFFCH_t$  é medida com base numa tecnologia com rendimentos variáveis à escala e a componente  $TECH_t$  é medida em relação a uma tecnologia com rendimentos constantes à escala.

Assim, para estimar o índice de variação da produtividade de Malmquist entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ ,  $M_I(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t)$  em (3), são necessárias as estimativas das seguintes funções distância radiais de *inputs*:  $D_I^t(y^t, x^t|C, S)$ ,  $D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1}|C, S)$ ,  $D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}|C, S)$  e  $D_I^{t+1}(y^t, x^t|C, S)$ . A estimativa de  $D_I^t(y^t, x^t|C, S)$  para cada observação  $k'$ ,  $k' = 1, \dots, K$ , obtém-se resolvendo o seguinte problema de otimização:

$$\begin{aligned} \widehat{D}_I^t(y^{k',t}, x^{k',t}|C, S) &= \max_{\lambda} \{ \lambda > 0: (x^{k',t}/\lambda, y^{k',t}) \in \widehat{Y}^t(C, S) \} \\ &= \max_{\lambda, z^t} \{ \lambda > 0: \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \geq y_m^{k',t}, m = 1, \dots, M; \\ &\quad \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^{k',t}/\lambda, n = 1, \dots, N; \\ &\quad z^{k,t} \geq 0, k = 1, \dots, K \} \end{aligned} \quad (8)$$

As estimativas de  $D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1}|C, S)$  e  $D_I^{t+1}(y^t, x^t|C, S)$  para cada observação  $k'$ ,  $k' = 1, \dots, K$ , obtém-se resolvendo os seguintes problemas de otimização:

$$\begin{aligned} \widehat{D}_I^t(y^{k',t+1}, x^{k',t+1}|C, S) &= \max_{\lambda} \{ \lambda > 0: (x^{k',t+1}/\lambda, y^{k',t+1}) \in \widehat{Y}^t(C, S) \} \\ &= \max_{\lambda, z^t} \{ \lambda > 0: \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \geq y_m^{k',t+1}, m = 1, \dots, M; \\ &\quad \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^{k',t+1}/\lambda, n = 1, \dots, N; \\ &\quad z^{k,t} \geq 0, k = 1, \dots, K \} \end{aligned} \quad (9)$$

e

$$\begin{aligned} \widehat{D}_I^{t+1}(y^{k',t}, x^{k',t}|C, S) &= \max_{\lambda} \{ \lambda > 0: (x^{k',t}/\lambda, y^{k',t}) \in \widehat{Y}^{t+1}(C, S) \} \\ &= \max_{\lambda, z^{t+1}} \{ \lambda > 0: \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1} \geq y_m^{k',t}, m = 1, \dots, M; \\ &\quad \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} x_n^{k,t+1} \leq x_n^{k',t}/\lambda, n = 1, \dots, N; \\ &\quad z^{k,t+1} \geq 0, k = 1, \dots, K \} \end{aligned} \quad (10)$$

A tecnologia de referência de  $\widehat{D}_I^t(y^{k',t+1}, x^{k',t+1}|C, S)$  em (9), relativamente à qual o plano de produção  $(y^{k',t+1}, x^{k',t+1})$  é avaliado, é estimada com as observações do período  $t$ . No

problema de otimização em  $\widehat{D}_I^{t+1}(y^{k',t}, x^{k',t} | C, S)$  em (10), a tecnologia de referência, relativamente à qual o plano de produção  $(y^{k',t}, x^{k',t})$  é avaliado, é estimada exclusivamente com os planos de produção do período  $t + 1$ . Dadas as estimativas das funções distância radiais de *inputs* para cada setor da construção, obtém-se a estimativa do índice de variação da produtividade total dos fatores de Malmquist para cada setor.

Para obter as estimativas das componentes do índice de variação da produtividade total de fatores, apresentadas em (6), para cada DMU  $k$ , também são necessárias as estimativas das seguintes funções:  $D_I^t(y^t, x^t | V, S)$ ,  $D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)$ ,  $D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)$  e  $D_I^{t+1}(y^t, x^t | V, S)$ , notando que estas funções são definidas relativamente a uma tecnologia de produção que se caracteriza por rendimentos variáveis à escala ( $V$ ).

As estimativas para cada observação de  $D_I^t(y^t, x^t | V, S)$ ,  $D_I^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)$ ,  $D_I^t(y^{t+1}, x^{t+1} | V, S)$  e  $D_I^{t+1}(y^t, x^t | V, S)$ , são obtidas resolvendo-se os problemas de otimização (8)-(10) com a restrição adicional  $\sum_{k=1}^K z^{k,\tau} = 1, \tau = t, t + 1$ .

### 3.4. Base de dados e amostra

A amostra deste estudo inclui os dados do setor da construção dos países da UE<sup>26</sup>, no período compreendido entre 2015 e 2018, perfazendo, assim, um total de 112 observações. Neste caso, 2015 é o limite inferior do horizonte temporal devido à indisponibilidade de dados relativos a anos anteriores para determinados países, bem como pelas quebras de série temporais ocorridas nesses mesmos anos, impossibilitando muitas vezes a comparação dos valores. Por outro lado, devido à falta de dados mais recentes, 2018 será o limite superior do intervalo do período temporal de análise.

Os dados analisados, quer para o primeiro estágio, quer para o segundo estágio, são extraídos dos dados para o setor da construção disponibilizados pela Comissão Europeia (CE), mais especificamente pelo Serviço de Estatística da União Europeia (Eurostat), pelas suas plataformas e respetivas documentações, uma vez que representam fontes estatísticas amplas e uniformemente comparáveis com indicadores de desenvolvimento social e económico.

---

<sup>26</sup> A UE é composta por 28 países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia e Suécia

A Tabela 1 lista e descreve as variáveis utilizadas na estimação dos índices de eficiência DEA, cuja seleção se apoia nos contributos da revisão de literatura apresentada no capítulo 2.

**Tabela 1 – Descrição dos *inputs* e *output***

<b>Inputs</b>	<b>Descrição</b>
<b>Pessoal ao serviço (nº indivíduos)</b>	Indivíduos que trabalham na unidade estatística de observação (inclusivamente proprietários-gerentes, sócios que trabalham regularmente na unidade e familiares não remunerados), assim como pessoas que trabalham fora da unidade, mas que pertencem à mesma e que são pagas por ela (por exemplo, representantes de vendas, pessoal de entrega, equipas de reparação e de manutenção). Está excluída a mão de obra fornecida à unidade por outras empresas, pessoas que executam trabalhos de reparação e de manutenção na unidade de inquérito ao serviço de outras empresas, assim como indivíduos a cumprir serviço militar obrigatório (metainformação – Eurostat).
<b>Consumo intermédio a preços constantes de 2015<sup>27</sup> (milhões de euros)</b>	O consumo intermédio consiste no valor dos bens e serviços consumidos como <i>inputs</i> por um processo de produção, excluindo os ativos fixos cujo consumo é registado como consumo de capital fixo. Os bens e serviços podem ser transformados ou utilizados no processo produtivo (metainformação - Eurostat).
<b>Investimento bruto em bens tangíveis a preços constantes de 2015<sup>28</sup> (milhões de euros)</b>	Corresponde ao investimento durante o período de referência em todos os bens corpóreos. Incluem-se bens de capital tangíveis novos e existentes, comprados a terceiros ou produzidos para uso próprio (isto é, produção capitalizada de bens de capital tangível), com vida útil superior a um ano, incluindo bens tangíveis não produzidos, como terrenos. São excluídos os investimentos em ativos intangíveis e financeiros (metainformação - Eurostat).
<b>Output</b>	<b>Descrição</b>
<b>Valor acrescentado bruto a preços constantes de 2015<sup>29</sup> (milhões de euros)</b>	Consiste no saldo da conta de produção, a qual inclui em recursos, a produção, e em empregos, o consumo intermédio, antes da dedução do consumo de capital fixo. Tem significado económico tanto para os setores institucionais como para os ramos de atividade. O VAB é avaliado a preços de base, ou seja, não inclui os impostos líquidos de subsídios sobre os produtos (metainformação - INE).

Para uma análise mais completa, a Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas dessas mesmas variáveis, para os diferentes anos em análise (2015-2018). Ao longo dos anos, destaca-se o aumento da média da UE-28 do pessoal ao serviço, do consumo intermédio e do VAB do setor da construção, nomeadamente. Esta evolução pode decorrer, por exemplo, do aumento do número médio de empresas do setor da construção. Por outro lado, o aumento da média da UE-28 do investimento não se revela tão substancial nem consistente entre 2015 e 2018.

<sup>27</sup> O consumo intermédio resulta da diferença entre o valor da produção (*output* da construção) e o valor acrescentado bruto (ambos a preços constantes de 2015).

<sup>28</sup> O deflator utilizado para expurgar o efeito da inflação do investimento está disponível em [Price deflator gross fixed capital formation: non-residential construction and civil engineering \[PIGNR\]](#).

<sup>29</sup> O deflator utilizado para expurgar o efeito da inflação do VAB está disponível em [Deflator VAB - Eurostat \(europa.eu\)](#) ([F] Construction; [B1G] Value added, gross; [PD15\_EUR] Price index (implicit deflator), 2015=100, euro).

**Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos *inputs* e *output*<sup>30</sup>**

Variáveis	Média UE	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
Pessoal ao serviço (nº indivíduos)					
2015	440 525	194 930	10 716 (MT)	2 201 393 (DE)	544 153
2016	453 231	199 441	10 851 (MT)	2 272 627 (DE)	565 349
2017	466 173	209 562	10 553 (MT)	2 304 882 (DE)	579 310
2018	488 299	223 902	11 471 (MT)	2 474 944 (DE)	608 300
Consumo intermédio a preços constantes de 2015 (milhões de euros)					
2015	40 120	10 123	434 (LT)	255 513 (UK)	62 616
2016	40 355	10 871	662 (MT)	256 137 (UK)	62 560
2017	42 846	12 201	731 (MT)	286 245 (UK)	67 150
2018	44 390	13 209	765 (MT)	287 923 (UK)	68 180
Investimento a preços constantes de 2015 (milhões de euros)					
2015	2 478	832	29 (CY)	23 193 (UK)	4 430
2016	2 255	826	40 (CY)	15 388 (UK)	3 267
2017	2 385	792	26 (MT)	16 673 (UK)	3 589
2018	2 695	908	71 (CY)	15 613 (UK)	3 643
VAB a preços constantes de 2015 (milhões de euros)					
2015	24 223	8 433	384 (MT)	115 396 (DE)	33 762
2016	24 959	8 604	385 (MT)	130 122 (UK)	35 593
2017	25 936	9 014	439 (MT)	146 890 (UK)	37 674
2018	26 500	9 030	479 (MT)	146 623 (UK)	38 145

Por sua vez, o desvio-padrão – uma medida de dispersão que permite inferir se as observações estão dispersas por uma maior ou menor gama de valores – aumentou, em geral, ao longo dos anos, nomeadamente no que concerne ao pessoal ao serviço, ao consumo intermédio e ao VAB, indicando, assim, uma maior dispersão da distribuição destes dados entre 2015 e 2018. Por outro lado, o desvio-padrão é superior à média para todas as variáveis em todos os anos, sobretudo para o investimento em 2015 e para o consumo intermédio entre 2015 e 2018.

Quanto aos valores mínimos das variáveis, destaca-se o setor da construção de Malta (MT) que apresenta os valores mais baixos da amostra para a maioria das variáveis em análise, bem como do Chipre (CY) no que respeita ao investimento, e, pelo contrário, o Reino Unido (UK) e a Alemanha (DE) como os países que mais vezes apresentam os valores mais elevados da amostra.

<sup>30</sup> CY (Chipre); DE (Alemanha); LT (Lituânia); MT (Malta); UK (Reino Unido).

A Tabela 3 lista e descreve as variáveis explicativas utilizadas no segundo estágio, ou seja, na estimação da regressão truncada com o algoritmo *single bootstrap*. Os índices de eficiência obtidos a partir do método DEA para cada setor constituem a variável dependente do modelo.

**Tabela 3 – Descrição das variáveis explicativas**

Variáveis	Descrição
<b>Produto Interno Bruto per capita a preços constantes de 2015<sup>31</sup> (PIB)</b>	O Produto Interno Bruto é uma medida da atividade económica e refere-se ao valor da produção total de bens e serviços produzidos por uma economia, deduzido do consumo intermédio, mais os impostos líquidos sobre produtos e importações. O PIB <i>per capita</i> é a razão entre o PIB e a população média num determinado ano. Neste caso, os valores são expressos em PPS ( <i>Purchasing Power Standard</i> - «paridade de poder de compra padrão» em português), uma unidade 'monetária' artificial que permite comparar os níveis de bem-estar e de despesa entre países, anulando as diferenças ao nível do poder de compra, isto é, diferentes níveis de preços entre países (metainformação - Eurostat).
<b>Acidentes de trabalho fatais e não fatais (ACID)</b>	Um acidente de trabalho fatal refere-se a um acidente de trabalho que leva à morte da vítima no prazo de um ano após o acidente. Um acidente de trabalho não fatal é um acidente de trabalho em que a vítima sobrevive e que resulta em um ou mais dias de ausência do trabalho (metainformação - Eurostat).
<b>Número de empresas (EMP)</b>	Uma empresa é uma entidade jurídica (pessoa singular ou coletiva) correspondente a uma unidade organizacional de produção de bens e/ou serviços, usufruindo de uma certa autonomia de decisão, nomeadamente quanto à afetação dos seus recursos correntes. Uma empresa pode exercer uma ou várias atividades, em um ou em vários locais (metainformação - INE).

A seleção do PIB *per capita*<sup>32</sup> como variável explicativa sustenta-se, essencialmente, nos contributos da revisão de literatura apresentada no capítulo 2. Por exemplo, perante uma crise económica, a redução de postos de trabalho na construção significa menos negócios para os fornecedores, o que pode elevar os preços ou mesmo forçar os fornecedores a fecharem negócios. Quando os fornecedores estão fora do negócio, as empresas de construção podem ser forçadas a pagar mais pelos suprimentos, tornando-se, assim, mais difícil manterem-se em atividade como antes. Adicionalmente, o volume de crédito concedido a privados, que varia de acordo com a conjuntura económica do país, e consequentes medidas de austeridade, implica que as empresas de construção procurem formas alternativas de financiamento como, por exemplo, investidores privados (Romão, 2015). Contudo, num cenário de crise de confiança, resultante da conjuntura económica e

<sup>31</sup> O deflator utilizado para expurgar o efeito da inflação do PIB *per capita* está disponível em [Deflator PIBpc | Eurostat \(europa.eu\)](http://Eurostat.europa.eu) ([B1GQ] Gross domestic product at market prices; [PD15\_EUR] Price index (implicit deflator), 2015=100, euro).

<sup>32</sup> A variável 'PIB' aplicada na regressão corresponde ao logaritmo natural (ln) do PIB *per capita* de cada país.

consequente quebra na atividade produtiva do setor, o investimento é particularmente afetado. Por outro lado, a queda de algumas entidades bancárias nacionais, na sequência de crises financeiras, pode implicar a perda de grande parte do capital e adjudicações de determinadas empresas de construção. De um modo geral, uma recessão económica provoca (i) uma redução dos níveis de confiança por parte de todos os intervenientes do setor; (ii) escassez de crédito concedido quer a particulares, quer a empresas, que, por sua vez, condiciona o nível de investimento; (iii) elevada carga tributária; (iv) montantes de dívidas elevados; (v) queda do investimento público na construção; (vi) inibição do crescimento salarial. Por outro lado, num cenário de aceleração da atividade económica, um aumento do PIB *per capita* cria uma maior margem para investimento público que, por sua vez, pode ser canalizado para obras públicas, nomeadamente em áreas como a habitação, a eficiência energética dos edifícios, a construção de infraestruturas e a reabilitação e/ou modernização das existentes, sendo possível, assim, aumentar a eficiência e a produtividade do setor. Adicionalmente, o crescimento do PIB *per capita* pode também incentivar a entrada de novas empresas de construção no mercado, aumentando, assim, a concorrência que, por sua vez, pode forçar as empresas a operar eficientemente para sobreviver (Kapelko & Lansink, 2015), apostando, por exemplo, na formação e qualificação dos colaboradores ou mesmo na inovação, um fator fundamental para a obtenção de ganhos de eficiência e produtividade. Em suma, a procura dirigida a este setor depende diretamente do grau de desenvolvimento da economia, da conjuntura económica e do montante das despesas públicas que, por sua vez, influenciam a produtividade e eficiência do setor.

Por outro lado, os acidentes de trabalho totais (fatais e não fatais) impactam a eficiência e a produtividade tanto nos altos índices de absentismo gerados com os afastamentos, como também no aumento dos custos por substituição de pessoal e encargos gerados pelos acidentes. Adicionalmente, os acidentes de trabalho também geram impactos psicológicos nos trabalhadores que resultam em perda de ritmo de produção.

Já o número de empresas a operar no setor da construção pode funcionar como um indicador do nível de concorrência e do próprio dinamismo do setor. Um maior número de empresas concorrentes contribui para a promoção da competitividade entre as empresas de um mesmo setor e, por sua vez, para o aumento da eficiência e da produtividade das

mesmas, tendo em consideração o estímulo gerado para obterem o melhor desempenho possível e, assim, garantirem um melhor posicionamento no mercado.<sup>33</sup>

As estatísticas descritivas das variáveis explicativas, para os diferentes anos em análise (2015-2018), são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis explicativas<sup>34</sup>**

Variáveis	Média UE	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
Ln do PIB <i>per capita</i>					
2015	10,03	9,99	7,87 (CZ)	12,51 (UK)	0,85
2016	10,05	10,03	7,89 (CZ)	12,52 (UK)	0,85
2017	10,09	10,08	7,93 (CZ)	12,52 (UK)	0,84
2018	10,12	10,12	7,95 (CZ)	12,52 (UK)	0,83
Acidentes de trabalho fatais e não fatais					
2015	13 320	2 516	148 (LV)	112 891 (DE)	25 503
2016	13 298	2 460	125 (LV)	116 340 (DE)	25 789
2017	13 455	2 316	152 (LV)	117 698 (DE)	26 194
2018	13 780	2 440	192 (LV)	118 555 (DE)	26 750
Número de empresas					
2015	121 774	55 635	3 634 (LU)	511 405 (IT)	146 073
2016	125 449	57 720	3 760 (LU)	508 696 (IT)	149 255
2017	125 841	59 544	3 906 (MT)	502 775 (IT)	145 990
2018	129 434	58 704	4 077 (LU)	493 674 (IT)	149 058

Ao longo dos anos, destaca-se o aumento, embora pouco significativo, da média do PIB *per capita* na UE-28 e do número de empresas, decorrente do normal funcionamento da economia, bem como dos acidentes de trabalho totais (fatais e não fatais) decorrente, por exemplo, de uma possível deterioração das condições de trabalho ou ausência de formação dos colaboradores.

Neste caso, o desvio-padrão é superior à média para o número de empresas e, sobretudo, para os acidentes de trabalho em todos os anos, indicando, assim, uma grande dispersão destes dados em relação à média amostral. A dispersão do número de empresas já seria expectável, no sentido em que há grandes variações em termos de empresas com atividade no setor da construção na UE, tal como sugerido no capítulo 2, existindo um conjunto de países em que o setor da construção é constituído por um número bastante elevado de

<sup>33</sup> O volume total de precipitação atmosférica húmida (chuva, neve e granizo) e a formação dos trabalhadores constituíram variáveis a considerar, no entanto a disponibilidade de dados neste âmbito revela-se limitada.

<sup>34</sup> CZ (República Checa); DE (Alemanha); IT (Itália); LU (Luxemburgo); LV (Letónia); MT (Malta); UK (Reino Unido).

empresas, ao contrário de outros que detêm um número de empresas relativamente reduzido.

Quanto aos valores mínimos, destacam-se países como a República Checa (CZ), a Letónia (LV), o Luxemburgo (LU) e a Malta (MT), tendo em conta que apresentam os valores mais baixos da amostra, e, pelo contrário, a Alemanha (DE), a Itália (IT) e o Reino Unido (UK) por apresentarem os valores mais elevados da mesma.

#### 4. Apresentação e análise dos resultados

Como referido anteriormente, no primeiro estágio foi aplicado o método DEA ao setor da construção de 28 Estados-membros da UE, num modelo com rendimentos variáveis à escala orientado para os *inputs*, utilizando três *inputs* (pessoal ao serviço, consumo intermédio e investimento bruto em bens tangíveis) e um *output* (valor acrescentado bruto)<sup>35</sup>. As Tabelas 5-8 apresentam os índices de eficiência técnica para o setor da construção de cada país nos anos de 2015 a 2018.

Conforme podemos constatar da Tabela 5, em 2015, os países considerados tecnicamente eficientes ao nível do setor da construção são a Alemanha, a Áustria, o Chipre, a Eslováquia, a França, a Lituânia, a Malta, a Polónia e o Reino Unido. Em 2016, exclui-se desse leque de países a França e junta-se como tecnicamente eficientes a Espanha e a Roménia (ver Tabela 6). Por outro lado, em 2017, deixam de ser considerados países tecnicamente eficientes o Chipre, a Eslováquia e a Espanha, conforme sugere a Tabela 7. Contudo, em 2018, estes três países passam a fazer parte novamente do conjunto de países tecnicamente eficientes, juntamente com a Itália (ver Tabela 8). Deste modo, destacam-se apenas a Alemanha, a Áustria, a Lituânia, a Malta, a Polónia e o Reino Unido dos 28 Estados-membros analisados por serem considerados países tecnicamente eficientes ao longo do período temporal em estudo, tendo em conta que os respetivos índices de eficiência apresentam o valor máximo (igual à unidade) para os quatro anos (2015-2018). Neste sentido, todos os países mencionados (tecnicamente eficientes) utilizam os seus recursos de maneira mais eficiente face aos demais (tecnicamente ineficientes).

A partir da análise da amostra no capítulo 3 e da revisão de literatura apresentada no capítulo 2, é possível constatar que a Alemanha e o Reino Unido, países tecnicamente eficientes nos quatro anos analisados, correspondem àqueles em que o setor da construção tem uma maior dimensão, sendo os países que apresentam os valores mais elevados para todas as variáveis da amostra, para além de serem países com um número bastante significativo de empresas com atividade no setor. Neste sentido, para além de representarem os maiores mercados nacionais de construção na UE, a Alemanha e o Reino

---

<sup>35</sup> Resultados obtidos através do *software* DEAP (versão 2.1).

Unido são também considerados *benchmarks*, ou seja, países de referência para determinados países considerados ineficientes<sup>36</sup>.

Para países como a Espanha, a França e a Itália que, embora não sejam considerados tecnicamente eficientes para os quatro anos em estudo, também se destacam pelos valores relativamente elevados das variáveis da amostra, nomeadamente a França que, juntamente com a Alemanha e o Reino Unido, representam os países que mais contribuem para o valor acrescentado bruto do setor da construção europeu. Não obstante, é de destacar a queda bastante significativa do setor da construção francês ao nível da sua eficiência técnica, nomeadamente a partir de 2016. Pelo contrário, o setor da construção espanhol registou uma recuperação expressamente positiva a partir de 2016, sugerindo, assim, um ponto de viragem face à queda verificada nos anos anteriores no seguimento da crise financeira (Kapelko & Lansink, 2015; Nazarko & Chodakowska, 2015). Por outro lado, o setor da construção da Itália também se destaca positivamente pela sua evolução bastante favorável e progressiva ao longo dos últimos anos, passando a ser tecnicamente eficiente em 2018.

Por outro lado, Malta e Chipre, também considerados tecnicamente eficientes, representam os países em que o setor da construção tem uma menor dimensão, sendo aqueles que apresentam os valores mais baixos para todas as variáveis da amostra (ver Tabela 2), para além de fazerem parte do conjunto de países que detêm um número reduzido de empresas a operar no setor da construção face aos demais. Não obstante, o setor da construção do Chipre registou uma queda acentuada em 2017 ao nível da sua eficiência técnica, descendo para a 11ª posição do *ranking*, embora tenha conseguido recuperar rapidamente, passando a ser considerado tecnicamente eficiente novamente em 2018.

Pelo contrário, o setor da construção de países como Bulgária, Portugal e República Checa ocupam sempre as últimas posições do *ranking*, ao longo do período estudado, indicando, assim, que ainda há um grande trabalho a fazer no que respeita à melhoria da eficiência do setor nestes países. Em particular, a Bulgária e a República Checa fazem parte do conjunto de países que apresentam o menor PIB *per capita* relativamente aos restantes países da UE, durante o período 2015-2018, indicando, eventualmente, o PIB *per capita* como um possível determinante da eficiência técnica. Já o setor da construção português destaca-se pelo aumento da totalidade dos *inputs* considerados neste estudo durante o período 2015-2018.

---

<sup>36</sup> Note-se que Malta e Polónia são também considerados *benchmarks* para muitos países, bem como a Eslováquia e o Chipre em 2018, nomeadamente, embora a dimensão do setor da construção seja muito menor.

Por outro lado, é também de destacar o setor da construção da Grécia pela sua evolução favorável entre 2017 e 2018, passando da 26<sup>a</sup> posição em 2015 e 2016 para a última posição do *ranking* em 2017 e, finalmente, para a 17<sup>a</sup> em 2018 no que concerne aos seus índices de eficiência técnica. Não obstante, a Grécia não foi capaz de acompanhar a evolução positiva da maioria dos Estados-membros em 2018 no que respeita ao investimento, nem manter o nível de investimento registado nos anos anteriores, apresentando, assim, um decréscimo significativo neste *input* (1210,1 milhões de euros em 2013 para 211,9 em 2018).

Ao nível da média da UE-28, os índices de eficiência sugerem que o setor da construção europeu poderia ter reduzido os seus *inputs* em 19,1% nos anos de 2015 e 2016, 21,2% em 2017 e 15,2% no ano de 2018, em média, para ser tecnicamente eficiente, mantendo constante a quantidade do *output*, existindo, assim, uma margem para melhorias na eficiência técnica do setor da construção dos vários países que constituem a amostra. Esta evolução acompanha o número de países considerados tecnicamente eficientes registado em cada ano (7 países em 2017 contra os 11 registados no ano subsequente). Deste modo, é possível concluir pela existência de progressos ao nível da eficiência técnica entre 2015 e 2018 (i.e., considerando apenas os anos extremos do período temporal), progredindo de 0,809 para 0,848, o que significa que o setor como um todo conseguiu reduzir a quantidade de *inputs* em 3,9 pontos percentuais, sem alterar a quantidade de serviços prestados.

Comparando os resultados com os de Nazarko e Chodakowska (2015), constata-se que, em termos gerais, os índices de eficiência são inferiores, sugerindo uma evolução favorável da eficiência técnica ao longo dos últimos anos. Adicionalmente, dos países considerados tecnicamente eficientes no presente estudo, isto é, entre 2015 e 2018, apenas o Chipre e o Reino Unido correspondem àqueles que no estudo de Nazarko e Chodakowska (2015) ocupam as primeiras posições do *ranking* em 2006 e 2012, para além da Espanha em 2006 e da França em 2012. Os resultados de ambos os estudos permitem inferir uma evolução bastante favorável para a Lituânia e para a Espanha, nomeadamente no período 2015-2018, tendo em conta que a Lituânia é dos países mais tecnicamente ineficientes quer em 2006, quer em 2012, e a Espanha o país com a queda mais significativa em termos de eficiência entre 2006 (tecnicamente eficiente) e 2012 (0,583).<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup> É importante referir que Nazarko e Chodakowska (2015) estimam a eficiência técnica a partir do modelo de DEA com rendimentos variáveis à escala orientado para os *outputs* e excluem da sua análise países como Croácia, Grécia, Irlanda e Malta (ver capítulo 2).

Por outro lado, em Nazarko e Chodakowska (2017) alguns países que apresentam índices de eficiência superiores em 2013 são aqueles que ocupam as últimas posições do *ranking* no presente estudo (i.e., entre 2015 e 2018), nomeadamente a Bulgária, a Grécia, a Letónia e a República Checa. Refira-se que estes países também ocupam as últimas posições do *ranking* em termos de PIB *per capita* na UE quer em 2013, quer no período temporal analisado no presente estudo. Neste âmbito, destaca-se, nomeadamente, a queda em termos relativos do PIB *per capita* da República Checa ao longo destes anos, acompanhada pelo decréscimo da eficiência técnica do setor. Inversamente, países como a Alemanha e a Áustria, que revelam ser tecnicamente eficientes durante o período temporal analisado neste estudo, ocupam as últimas posições do *ranking* no estudo de Nazarko e Chodakowska (2017), evidenciando, assim, uma evolução positiva destes países entre 2013 e o período temporal em análise neste estudo, no que respeita à eficiência técnica dos respetivos setores de construção.<sup>38</sup>

Neste âmbito, reconhecendo a influência que os *outliers* podem ter nos resultados, tal como referido anteriormente, foi aplicado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (teste K-S biamostrado). Este teste permite avaliar se duas amostras, uma relativa aos índices de eficiência técnica calculados com base na amostra completa e outra calculada excluindo possíveis *outliers*, provêm de duas populações idênticas (ou com a mesma função de distribuição) (Banker, 1996). A hipótese nula do teste consiste em assumir que as duas funções de distribuição de ineficiência são idênticas, enquanto a hipótese alternativa corresponde ao pressuposto de que as duas distribuições são diferentes. Neste âmbito, adotou-se a técnica *peer count* sugerida por Charnes et al. (1985) que considera como possíveis *outliers* as DMUs que apresentam um *peer count*<sup>39</sup> excessivamente alto ou baixo. Neste sentido, a partir da análise da última coluna das Tabelas 5-8, optou-se por selecionar como possíveis *outliers* os setores da construção do Chipre, da Malta e da Polónia, ou seja, o teste procurou comparar as funções de distribuição empírica dos índices de eficiência técnica em cada ano com a amostra completa (i.e., com as 28 DMUs) e excluindo essas três DMUs. Neste caso, existe evidência estatística para não rejeitar a hipótese nula, isto é, as funções de distribuição empírica dos índices de eficiência para as duas amostras são

---

<sup>38</sup> Nazarko e Chodakowska (2017) estimam a eficiência técnica a partir do modelo de DEA com rendimentos constantes à escala orientado para os *inputs*, contudo a análise considera apenas um *input* (fator trabalho) e a amostra não inclui a Irlanda, mas sim a Suíça e a Noruega, países que não são Estados-membros da UE (ver capítulo 2).

<sup>39</sup> O *peer count* corresponde ao número de vezes que uma DMU eficiente é considerada referência para as DMUs não eficientes da amostra.

idênticas<sup>40</sup>. Assim sendo, a análise empírica que se segue foi efetuada com base na totalidade da amostra considerada inicialmente, o setor da construção dos 28 Estados-membros da UE.

**Tabela 5 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2015**

Países/DMUs	Índices		Peers	Peer count
	DEA (VRS)	Ranking		
Alemanha	1,00	1	Alemanha	2
Áustria	1,00	1	Áustria	2
Bélgica	0,781	18	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Bulgária	0,428	28	Lituânia, Malta, Polónia	0
Chipre	1,00	1	Chipre	2
Croácia	0,612	23	Lituânia, Malta, Polónia	0
Dinamarca	0,786	16	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Eslováquia	1,00	1	Eslováquia	3
Eslovénia	0,669	22	Áustria, Chipre, Malta, Polónia	0
Espanha	0,923	11	Alemanha, França, Polónia, Reino Unido	0
Estónia	0,708	20	Lituânia, Malta, Polónia	0
Finlândia	0,797	15	Malta, Polónia, Reino Unido	0
França	1,00	1	França	2
Grécia	0,54	26	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Hungria	0,775	19	Eslováquia, Lituânia, Polónia	0
Irlanda	0,607	24	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Itália	0,784	17	Alemanha, França, Polónia	0
Letónia	0,688	21	Áustria, Chipre, Eslováquia	0
Lituânia	1,00	1	Lituânia	6
Luxemburgo	0,844	13	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Malta	1,00	1	Malta	13
Países Baixos	0,861	12	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Polónia	1,00	1	Polónia	18
Portugal	0,522	27	Eslováquia, Lituânia, Polónia	0
República Checa	0,58	25	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Roménia	0,946	10	Lituânia, Polónia	0
Suécia	0,801	14	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Reino Unido	1,00	1	Reino Unido	10
Média (UE)	0,809			

<sup>40</sup> Ver, em anexo, as Figuras A7 – A10 que ilustram os resultados obtidos para o teste de Kolmogorov-Smirnov em cada ano a partir do *software* Stata (versão 16.1).

**Tabela 6 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2016**

Países/DMUs	Índices		Peers	Peer count
	DEA (VRS)	Ranking		
Alemanha	1,00	1	Alemanha	2
Áustria	1,00	1	Áustria	7
Bélgica	0,621	24	Malta, Roménia, Reino Unido	0
Bulgária	0,542	28	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Chipre	1,00	1	Chipre	0
Croácia	0,675	19	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Dinamarca	0,816	14	Áustria, Malta, Reino Unido	0
Eslováquia	1,00	1	Eslováquia	3
Eslovénia	0,668	20	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Espanha	1,00	1	Espanha	0
Estónia	0,772	15	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Finlândia	0,735	17	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
França	0,964	11	Alemanha, Polónia, Reino Unido	0
Grécia	0,555	26	Malta, Polónia, Roménia, Reino Unido	0
Hungria	0,657	21	Eslováquia, Lituânia, Polónia	0
Irlanda	0,653	22	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Itália	0,858	13	Alemanha, Polónia, Reino Unido	0
Letónia	0,627	23	Eslováquia, Lituânia, Malta	0
Lituânia	1,00	1	Lituânia	6
Luxemburgo	0,763	16	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Malta	1,00	1	Malta	13
Países Baixos	0,871	12	Áustria, Polónia, Reino Unido	0
Polónia	1,00	1	Polónia	15
Portugal	0,551	27	Eslováquia, Lituânia, Polónia	0
República Checa	0,616	25	Malta, Polónia, Roménia, Reino Unido	0
Roménia	1,00	1	Roménia	6
Suécia	0,718	18	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Reino Unido	1,00	1	Reino Unido	12
Média (UE)	0,809			

**Tabela 7 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2017**

Países/DMUs	Índices		Peers	Peer count
	DEA (VRS)	Ranking		
Alemanha	1,00	1	Alemanha	3
Áustria	1,00	1	Áustria	6
Bélgica	0,587	24	Malta, Roménia, Reino Unido	0
Bulgária	0,524	26	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Chipre	0,887	11	Malta, Polónia	0
Croácia	0,675	19	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Dinamarca	0,883	12	Áustria, Malta, Reino Unido	0
Eslováquia	0,956	9	Malta, Polónia	0
Eslovénia	0,671	20	Malta, Polónia, Roménia, Reino Unido	0
Espanha	0,972	8	Alemanha, Polónia, Reino Unido	0
Estónia	0,707	18	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Finlândia	0,754	15	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
França	0,846	14	Alemanha, Polónia, Reino Unido	0
Grécia	0,404	28	Malta, Polónia, Roménia, Reino Unido	0
Hungria	0,669	21	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Irlanda	0,617	22	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Itália	0,916	10	Alemanha, Polónia, Reino Unido	0
Letónia	0,573	25	Lituânia, Malta, Polónia, Roménia	0
Lituânia	1,00	1	Lituânia	6
Luxemburgo	0,727	17	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Malta	1,00	1	Malta	18
Países Baixos	0,861	13	Áustria, Malta, Reino Unido	0
Polónia	1,00	1	Polónia	18
Portugal	0,51	27	Lituânia, Malta, Polónia	0
República Checa	0,60	23	Malta, Polónia, Roménia, Reino Unido	0
Roménia	1,00	1	Roménia	9
Suécia	0,737	16	Áustria, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Reino Unido	1,00	1	Reino Unido	13
Média (UE)	0,788			

**Tabela 8 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE em 2018**

Países/DMUs	Índices		Peers	Peer count
	DEA (VRS)	Ranking		
Alemanha	1,00	1	Alemanha	1
Áustria	1,00	1	Áustria	4
Bélgica	0,631	25	Malta, Polónia, Reino Unido	0
Bulgária	0,495	28	Eslováquia, Lituânia, Malta, Polónia	0
Chipre	1,00	1	Chipre	9
Croácia	0,859	14	Chipre, Eslováquia, Lituânia	0
Dinamarca	0,911	12	Áustria, Chipre, Reino Unido	0
Eslováquia	1,00	1	Eslováquia	13
Eslovénia	0,745	22	Eslováquia, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Espanha	1,00	1	Espanha	1
Estónia	0,851	15	Chipre, Eslováquia, Malta, Reino Unido	0
Finlândia	0,80	19	Áustria, Chipre, Eslováquia, Reino Unido	0
França	0,91	13	Alemanha, Espanha, Itália, Reino Unido	0
Grécia	0,833	17	Chipre, Eslováquia	0
Hungria	0,787	20	Eslováquia, Lituânia, Polónia	0
Irlanda	0,749	21	Áustria, Chipre, Eslováquia	0
Itália	1,00	1	Itália	1
Letónia	0,648	24	Chipre, Eslováquia, Malta, Reino Unido	0
Lituânia	1,00	1	Lituânia	4
Luxemburgo	0,839	16	Chipre, Eslováquia, Malta, Reino Unido	0
Malta	1,00	1	Malta	9
Países Baixos	0,825	18	Áustria, Chipre, Reino Unido	0
Polónia	1,00	1	Polónia	7
Portugal	0,556	27	Eslováquia, Lituânia, Malta, Polónia	0
República Checa	0,597	26	Eslováquia, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Roménia	1,00	1	Roménia	0
Suécia	0,711	23	Eslováquia, Malta, Polónia, Reino Unido	0
Reino Unido	1,00	1	Reino Unido	11
Média (UE)	0,848			

No segundo estágio, procura-se averiguar se existe uma relação entre as variáveis contextuais consideradas (variáveis explicativas) e os índices de eficiência DEA (variável dependente). A partir dos índices de eficiência técnica obtidos no primeiro estágio e apresentados nas Tabelas 5-8, estimou-se um modelo de regressão truncada com os dados em painel, através do algoritmo *single bootstrap* proposto por Simar e Wilson (2007). Neste âmbito, foram contruídos intervalos de confiança a 95% e 99% para os parâmetros associados às variáveis explicativas do modelo, usando L=2000 repetições como sugerido

por Simar e Wilson (2007)<sup>41</sup>. Os resultados obtidos para os coeficientes, bem como para os intervalos de confiança, são apresentados na Tabela 9.

Antes da análise dos resultados obtidos, procurou-se verificar a existência de multicolinearidade (i.e., relações lineares exatas ou aproximadamente exatas das variáveis independentes) através do cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson<sup>42</sup>. Os resultados permitem constatar que o coeficiente de correlação entre o PIB *per capita* e os acidentes de trabalho é positivo e baixo, bem como para o PIB *per capita* e o número de empresas, indicando, assim, uma correlação fraca entre estes pares de variáveis. No entanto, o coeficiente de correlação entre os acidentes de trabalho e o número de empresas indica uma correlação forte entre estas variáveis. Neste sentido, foram analisados também os valores referentes à intensidade da multicolinearidade que, por sua vez, pode ser analisada através da tolerância, que consiste no grau em que uma variável é explicada por todas as outras variáveis independentes (varia de 0 a 1 e quanto mais próxima de 1 menor é a multicolinearidade), e do seu inverso, o VIF (*Variance Inflation Factor*) que avalia o quanto a variância de um coeficiente de regressão estimado aumenta devido à colinearidade (quanto mais próximo de zero menor é a multicolinearidade, sendo 10 o limite habitualmente considerado). Neste caso, os valores obtidos para estas medidas sugerem ausência de multicolinearidade<sup>43</sup>.

A análise dos intervalos de confiança (ver Tabela 9) permite concluir que os coeficientes das variáveis PIB *per capita* (PIB) e número de empresas (EMP) são estatisticamente significativos para um nível de significância de 1% e 5%, respectivamente. Note-se que o valor 0, postulado na hipótese nula dos testes de significância individuais, não pertence aos intervalos de confiança das variáveis PIB e EMP.

A partir da análise do sinal dos coeficientes destas variáveis e dos intervalos de confiança, constata-se que ambas afetam positivamente a eficiência técnica do setor da construção. Segundo a regressão estimada, espera-se que um aumento de 1% no PIB *per capita* aumente (incremento absoluto), em média, a eficiência técnica do setor da construção em cerca de 0,000806 (coeficiente/100), mantendo-se tudo o resto constante. Este resultado relativo à variável PIB *per capita* é consistente com os obtidos em outros estudos da literatura, que

---

<sup>41</sup> Resultados obtidos através do *software* Stata (versão 16.1).

<sup>42</sup> Ver, em anexo, a Tabela A2 que apresenta os resultados relativos aos coeficientes de correlação de Pearson obtidos a partir do *software* Stata (versão 16.1).

<sup>43</sup> Tolerância = 0,78970994; VIF = 1,2662877

reportam um efeito positivo e significativo desta variável na eficiência técnica do setor da construção (Horta et al., 2013; Kapelko & Lansink, 2015; Yuan et al., 2020). Não obstante, há estudos que sugerem o contrário, isto é, um efeito negativo do PIB *per capita* na eficiência técnica, tais como os de Nazarko e Chodakowska (2015, 2017) que recorrem a modelos de regressão *tobit*, tal como referido no capítulo 2<sup>44</sup>.

Por outro lado, espera-se que a entrada de uma nova empresa no setor da construção aumente, em média, a sua eficiência técnica em 0,000000511, mantendo-se tudo o resto constante (ver Tabela 9). O resultado obtido para esta variável (EMP) também seria igualmente expectável, uma vez que um aumento do número de empresas a operar no setor implica provavelmente uma maior concorrência e, por conseguinte, o interesse das mesmas em manterem-se ativas no mercado, se possível com o melhor desempenho.

Pelo contrário, o coeficiente estimado para os acidentes de trabalho (ACID) sugere uma influência negativa sobre a eficiência técnica do setor, como seria expectável, tendo em conta os encargos gerados pelos acidentes, bem como os impactos psicológicos causados pelos mesmos que resultam em perda de ritmo de produção, tal como referido no capítulo 3. No entanto, não revela ser uma variável estatisticamente significativa para um nível de significância de 5%.

**Tabela 9 – Resultados da regressão truncada com *bootstrap***

	Coeficiente	Intervalo de confiança a 95%	Intervalo de confiança a 99%
<b>PIB</b>	0,0806261*	[0,046; 0,118]	[0,036; 0,131]
<b>ACID</b>	-2,16e-07	[-3,94e-06; 3,72e-06]	[-5,25e-06; 6,09e-06]
<b>EMP</b>	5,11e-07**	[1,02e-07; 9,84e-07]	[-8,01e-08; 1,24e-06]
<b>Constante</b>	-0,1250106	[-0,495; 0,225]	[-0,633; 0,328]

**Nota:** Os símbolos \* e \*\* indicam que é estatisticamente significativo para um nível de significância de 1% e 5%, respetivamente.

De modo a analisar a evolução da produtividade do setor da construção dos países da UE ao longo do tempo, procedeu-se, ainda, ao cálculo do índice de Malmquist que permite

<sup>44</sup> Note-se que Simar e Wilson (2007) apresentam evidência que a inferência estatística gerada pelo modelo *tobit* não é correta, como discutido no capítulo 2.

analisar a variação da produtividade e identificar as fontes que mais contribuem para os ganhos/perdas de produtividade. Tal como referido no capítulo 3, existem duas componentes que podem contribuir para a variação da produtividade – a variação da eficiência técnica (EFFCH) e a variação tecnológica (TECH). Por sua vez, a variação da eficiência técnica pode ser decomposta em variações de eficiência técnica pura (PEFFCH) e variações de escala (SECH). As Tabelas 10-12 apresentam as variações de produtividade (MI) e as respetivas componentes (PEFFCH, SECH, EFFCH e TECH) nos períodos 2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018, respetivamente.

Relativamente ao período de 2015-2016, a evolução do desempenho do setor da construção dos 28 países evidenciou uma melhoria da produtividade média em cerca de 3,4%, uma vez que o índice de Malmquist registou um valor médio inferior à unidade (ver Tabela 10). Não obstante a evolução desfavorável da eficiência técnica pura, os ganhos de produtividade resultam quer de progresso tecnológico (3,1%), quer de melhorias de eficiência técnica (0,3%), tendo em conta que o incremento verificado ao nível da eficiência de escala (0,6%) revela-se suficiente para compensar a deterioração observada ao nível da eficiência técnica pura de 0,3%, em termos médios. Não obstante, o setor da construção de países como a Bélgica, a Eslovénia, a Finlândia, a França, a Hungria, a Letónia, o Luxemburgo e a Suécia apresentam uma evolução positiva da eficiência técnica pura entre 2015 e 2016, ao contrário da maioria dos setores dos restantes países.

Para o período de 2016-2017, o índice de Malmquist registou um valor médio abaixo da unidade, indicando, assim, um acréscimo da produtividade média do setor da construção dos 28 países em 0,9%, resultante, sobretudo, de melhorias de eficiência técnica (0,9%), não se tendo verificado variação tecnológica (ver Tabela 11). As melhorias de eficiência técnica advêm, sobretudo, da evolução positiva registada ao nível da eficiência técnica pura (3,2%) que se revela suficiente para compensar a deterioração da eficiência de escala em 2,4%, uma vez que a variação da eficiência técnica é resultado da multiplicação das variações de eficiência técnica pura e das variações de eficiência de escala. Não obstante, no que concerne às variações de eficiência de escala, é de destacar os resultados obtidos para o setor da construção da Alemanha, do Chipre, da Espanha, da Hungria, da Itália e de Portugal que sugerem uma melhoria na eficiência de escala, ao contrário da maioria dos demais que indicam uma deterioração da eficiência de escala, isto é, um afastamento da escala eficiente. No fundo, esta situação indica que estes últimos estão a operar acima ou

abaixo da escala ótima, ou seja, estão a ter custos demasiado elevados para aquilo que produzem. Por outro lado, entre 2016 e 2017 a eficiência ou ineficiência de escala mantém-se inalterada para o setor da construção de países como a Áustria, a Bulgária, a Lituânia, a Polónia, a Roménia e o Reino Unido.

Quanto ao período de 2017-2018, a evolução do desempenho do setor da construção dos países em análise evidencia um acréscimo da produtividade média de 1,3% (ver Tabela 12). Este resultado advém, essencialmente, do acréscimo de 8,4% ao nível da variação tecnológica, sugerindo, assim, que a adoção de novas tecnologias por parte dos setores da construção conduziu a melhorias na produtividade total dos fatores. Neste período, o progresso tecnológico revela-se suficiente para compensar o decréscimo da eficiência técnica de 7,8%, em média, que resulta, sobretudo, da deterioração da eficiência técnica pura em 8,7% que, por sua vez, não é compensada pelo incremento que se verifica ao nível da eficiência de escala (0,9%). Quanto às variações de eficiência técnica pura, apenas o setor da construção da Bulgária, dos Países Baixos, da República Checa e da Suécia registaram um valor inferior à unidade, o que poderá refletir uma melhor gestão dos respetivos recursos, possibilitando, assim, um aumento da eficiência técnica em 2018 para esses mesmos setores, enquanto a maioria dos restantes registaram um valor superior a 1, isto é, estão mais afastados da fronteira desse período do que estavam no ano de 2017. Por outro lado, é de salientar os resultados obtidos quanto à variação tecnológica, uma vez que sugerem progresso tecnológico para o setor da construção de todos os países entre 2017 e 2018, à exceção apenas do Reino Unido que indica retrocesso tecnológico de 1%.

Os resultados obtidos neste estudo para o índice de Malmquist revelam-se, em média, superiores aos resultados reportados no estudo de Nazarko e Chodakowska (2015), que evidenciam um decréscimo da produtividade média do setor da construção dos países da UE de 7% entre 2006 e 2012. Adicionalmente, os autores identificam retrocesso tecnológico de 10,1% durante o período compreendido entre 2006 e 2012, evidenciando, assim, a necessidade de introdução de novas tecnologias por parte dos setores da construção nos seus processos, ao contrário da tendência verificada para os períodos analisados no presente estudo. Esta evolução positiva sugerida pela comparação de ambos os estudos, evidencia, assim, a preocupação dos setores dos vários países a respeito da inovação com a introdução de novas tecnologias. Pelo contrário, a evolução da eficiência técnica revela-se mais desfavorável nos períodos analisados neste estudo face ao valor

médio registado no estudo de Nazarko e Chodakowska (2015). Não obstante, torna-se importante referir que, para além dos períodos temporais estudados não serem idênticos, os valores de referência em causa resultam da análise de apenas 24 dos 28 Estados-membros analisados neste estudo, tendo em conta que os autores não incluem a Croácia, a Grécia, a Irlanda e a Malta na sua análise.

**Tabela 10 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2015-2016**

Países	PEFFCH (1)	SECH (2)	EFFCH (3) = (1)*(2)	TECH (4)	MI (5) = (3)*(4)
Alemanha	1,00	1,014	1,014	0,953	0,966
Áustria	1,00	1,00	1,00	0,964	0,964
Bélgica	0,796	0,998	0,794	1,199	0,952
Bulgária	1,265	1,018	1,288	0,892	1,149
Chipre	1,00	1,00	1,00	0,917	0,917
Croácia	1,102	1,031	1,136	0,911	1,035
Dinamarca	1,037	1,006	1,044	1,054	1,099
Eslováquia	1,00	0,976	0,976	0,946	0,923
Eslovénia	0,998	0,971	0,97	0,95	0,922
Espanha	1,083	0,961	1,041	0,967	1,006
Estónia	1,091	1,071	1,169	0,897	1,049
Finlândia	0,923	1,003	0,925	1,06	0,981
França	0,964	0,93	0,897	1,018	0,913
Grécia	1,027	1,009	1,036	0,928	0,961
Hungria	0,848	1,008	0,854	0,893	0,763
Irlanda	1,076	1,023	1,101	1,017	1,119
Itália	1,094	0,961	1,051	0,971	1,021
Letónia	0,911	0,804	0,733	0,936	0,686
Lituânia	1,00	1,00	1,00	0,701	0,701
Luxemburgo	0,904	1,006	0,909	1,083	0,984
Malta	1,00	1,001	1,001	0,953	0,954
Países Baixos	1,011	1,003	1,014	1,035	1,05
Polónia	1,00	1,00	1,00	0,92	0,92
Portugal	1,057	0,998	1,055	0,932	0,983
República Checa	1,064	1,001	1,065	0,906	0,965
Roménia	1,057	1,057	1,117	1,047	1,17
Suécia	0,897	1,001	0,898	1,02	0,916
Reino Unido	1,00	1,00	1,00	1,184	1,184
Média (UE)	1.003	0.994	0.997	0.969	0.966

**Tabela 11 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2016-2017**

<b>Países</b>	<b>PEFFCH (1)</b>	<b>SECH (2)</b>	<b>EFFCH (3) = (1)*(2)</b>	<b>TECH (4)</b>	<b>MI (5) = (3)*(4)</b>
<b>Alemanha</b>	1,00	0,996	0,996	0,996	0,992
<b>Áustria</b>	1,00	1,00	1,00	0,976	0,976
<b>Bélgica</b>	0,944	1,003	0,947	1,016	0,963
<b>Bulgária</b>	0,966	1,00	0,966	0,999	0,965
<b>Chipre</b>	0,887	0,933	0,828	0,962	0,796
<b>Croácia</b>	1,001	1,019	1,02	1,019	1,04
<b>Dinamarca</b>	1,082	1,012	1,095	1,00	1,096
<b>Eslováquia</b>	0,956	1,017	0,973	1,014	0,986
<b>Eslovénia</b>	1,004	1,02	1,024	1,004	1,028
<b>Espanha</b>	0,972	0,984	0,956	1,007	0,964
<b>Estónia</b>	0,916	1,07	0,98	0,999	0,979
<b>Finlândia</b>	1,025	1,012	1,038	1,011	1,049
<b>França</b>	0,877	1,044	0,916	1,009	0,924
<b>Grécia</b>	0,729	1,01	0,736	1,008	0,742
<b>Hungria</b>	1,018	0,994	1,012	1,01	1,019
<b>Irlanda</b>	0,945	1,024	0,968	0,996	0,964
<b>Itália</b>	1,068	0,995	1,062	0,992	1,054
<b>Letónia</b>	0,913	1,117	1,02	1,008	1,028
<b>Lituânia</b>	1,00	1,00	1,00	0,942	0,942
<b>Luxemburgo</b>	0,953	1,056	1,006	1,02	1,027
<b>Malta</b>	1,00	1,446	1,446	0,994	1,438
<b>Países Baixos</b>	0,988	1,003	0,991	1,003	0,994
<b>Polónia</b>	1,00	1,00	1,00	0,942	0,942
<b>Portugal</b>	0,925	0,989	0,915	1,023	0,937
<b>República Checa</b>	0,973	1,003	0,976	0,996	0,972
<b>Roménia</b>	1,00	1,00	1,00	0,942	0,942
<b>Suécia</b>	1,026	1,004	1,03	1,011	1,041
<b>Reino Unido</b>	1,00	1,00	1,00	1,031	1,031
<b>Média (UE)</b>	0,968	1,024	0,991	1,00	0,991

**Tabela 12 – Índices de Malmquist e sua decomposição, 2017-2018**

<b>Países</b>	<b>PEFFCH (1)</b>	<b>SECH (2)</b>	<b>EFFCH (3) = (1)*(2)</b>	<b>TECH (4)</b>	<b>MI (5) = (3)*(4)</b>
<b>Alemanha</b>	1,00	1,022	1,022	0,882	0,901
<b>Áustria</b>	1,00	1,00	1,00	0,878	0,878
<b>Bélgica</b>	1,076	1,00	1,075	0,991	1,066
<b>Bulgária</b>	0,945	0,997	0,942	0,943	0,888
<b>Chipre</b>	1,127	0,983	1,108	0,91	1,009
<b>Croácia</b>	1,272	1,02	1,297	0,869	1,127
<b>Dinamarca</b>	1,03	0,994	1,025	0,916	0,939
<b>Eslováquia</b>	1,046	1,008	1,054	0,882	0,930
<b>Eslovénia</b>	1,111	0,998	1,109	0,902	1,00
<b>Espanha</b>	1,03	1,03	1,059	0,891	0,944
<b>Estónia</b>	1,203	1,002	1,205	0,88	1,061
<b>Finlândia</b>	1,061	0,998	1,059	0,933	0,989
<b>França</b>	1,075	0,996	1,071	0,947	1,014
<b>Grécia</b>	2,06	1,021	2,103	0,913	1,920
<b>Hungria</b>	1,176	0,949	1,116	0,93	1,038
<b>Irlanda</b>	1,213	1,00	1,214	0,892	1,082
<b>Itália</b>	1,092	1,019	1,113	0,876	0,975
<b>Letónia</b>	1,132	1,01	1,143	0,856	0,979
<b>Lituânia</b>	1,00	1,00	1,00	0,945	0,945
<b>Luxemburgo</b>	1,154	0,949	1,095	0,953	1,044
<b>Malta</b>	1,00	0,773	0,773	0,95	0,734
<b>Países Baixos</b>	0,958	0,998	0,957	0,959	0,917
<b>Polónia</b>	1,00	1,00	1,00	0,9	0,9
<b>Portugal</b>	1,09	1,027	1,119	0,842	0,942
<b>República Checa</b>	0,995	1,00	0,995	0,952	0,947
<b>Roménia</b>	1,00	1,00	1,00	0,904	0,904
<b>Suécia</b>	0,965	0,995	0,961	0,954	0,917
<b>Reino Unido</b>	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
<b>Média (UE)</b>	1.087	0.991	1.078	0.916	0.987

## 5. Conclusão

Esta dissertação propôs-se a analisar a eficiência técnica do setor da construção dos países da UE, utilizando uma abordagem bietápica, e investigar a variação da produtividade total dos fatores, entre 2015 e 2018.

De entre as diferentes possibilidades em termos metodológicos e de variáveis, foram selecionadas as consideradas mais apropriadas e/ou possíveis de aplicar, tendo em conta, essencialmente, a disponibilidade de dados. Neste âmbito, torna-se importante notar que os resultados dependem não só da metodologia utilizada, mas também da seleção da amostra, que neste estudo é de reduzida dimensão.

No primeiro estágio, para obter os índices de eficiência foi utilizado o método DEA, mais concretamente o modelo com rendimentos variáveis à escala orientado para os *inputs*, que, por sua vez, permite gerar um índice de eficiência para cada setor num determinado ano, assim como identificar aqueles que são eficientes e aqueles que são ineficientes. A respeito destes últimos, este método permite, ainda, identificar o setor ou os setores eficientes que servem de referência (*benchmarks*), auxiliando, assim, os gestores na tomada de decisões, isto é, na definição de objetivos de melhoria e, por conseguinte, na identificação das práticas de gestão mais adequadas.

No decorrer do período em análise, destacam-se como países considerados tecnicamente eficientes ao nível do seu setor da construção a Alemanha, a Áustria, a Lituânia, a Malta, a Polónia e o Reino Unido. No sentido oposto, Bulgária, Portugal e República Checa evidenciam-se pelas recorrentes últimas posições do *ranking*, sendo, assim, os países mais tecnicamente ineficientes ao nível do setor da construção. A média da UE-28 atinge valores máximos de eficiência em 2018, ano no qual há um maior número de países considerados tecnicamente eficientes nesta matéria.

No segundo estágio, de modo a procurar explicar os índices de eficiência técnica, foi utilizado o algoritmo *single bootstrap* proposto por Simar e Wilson (2007). A análise foi, assim, complementada pela estimação de um modelo de regressão truncada com *bootstrap* que permite a inclusão de variáveis contextuais na análise, possibilitando aferir o impacto dessas mesmas variáveis na eficiência técnica. Os índices de eficiência DEA obtidos no primeiro estágio constituem a variável dependente, ao passo que o PIB *per capita*, os

acidentes de trabalho e o número de empresas representam as variáveis explicativas do modelo.

A partir dos resultados obtidos neste segundo estágio, constata-se que existe uma relação positiva e significativa entre o PIB *per capita* e a eficiência do respetivo setor da construção. Adicionalmente, também é possível concluir que a eficiência técnica do setor em cada país é significativa e positivamente afetada pelo número de empresas, ou seja, à medida que o número de empresas com atividade no setor se torna mais elevado, a eficiência técnica do mesmo também aumenta. Por outro lado, embora o coeficiente da variável que representa o número de acidentes de trabalho registados no setor da construção sugira uma relação negativa entre a eficiência técnica e os acidentes, tal como expectável, esta não é significativa.

Os resultados obtidos neste estudo permitem, assim, fornecer *insights* aos decisores sobre o desempenho do setor da construção, nomeadamente aos decisores políticos e analistas da indústria que se preocupam, essencialmente, com a competitividade do setor da construção.

A partir do modelo de DEA procedeu-se, ainda, à avaliação dos índices de variação da produtividade total dos fatores do setor da construção de cada país da UE através do índice de Malmquist, de modo a analisar a evolução da produtividade do setor dos vários países ao longo do tempo, bem como os fatores que estão na origem dos ganhos/perdas de produtividade entre 2015 e 2018. Os resultados obtidos permitem constatar um acréscimo, em média, da produtividade do setor da construção da UE-28 nos períodos analisados, embora mais significativo entre 2015-2016, resultante quer de progresso tecnológico, quer de melhorias de eficiência técnica, e menos expressivo entre 2016-2017 em que os ganhos de produtividade derivam, sobretudo, de melhorias de eficiência técnica. Pelo contrário, entre 2017-2018 a melhoria da produtividade média advém, essencialmente, de progresso tecnológico.

Deste modo, o presente estudo revela ser um contributo para a literatura existente sobre a eficiência do setor da construção europeu, uma vez que a maioria dos estudos desenvolvidos neste âmbito baseia-se em dados da região asiática e aqueles que analisam o setor na Europa não se reportam a um período temporal tão recente, para além de investigarem apenas países individuais, tornando, assim, inexequível a discussão de diferenças e/ou semelhanças entre os diferentes países europeus. Por outro lado, o

presente estudo supre uma escassez de estudos que a literatura evidencia no âmbito da aplicação de modelos de regressão truncada com *bootstrap* no setor da construção.

Algumas propostas para desenvolvimentos futuros podem passar por ampliar o período analisado neste estudo a partir da utilização de dados mais recentes, ou seja, analisar a eficiência do setor da construção europeu a partir de 2019, por exemplo, procurando perceber o impacto do choque externo que afetou a economia global, no seguimento da crise sanitária resultante da Covid-19.

Por outro lado, no âmbito do segundo estágio, a inexistência e/ou inacessibilidade de informações detalhadas consideradas relevantes inviabilizou a integração de diversas variáveis que se julgam ter poder explicativo significativo sobre os níveis de eficiência técnica e que poderiam ser utilizadas em pesquisas futuras, tais como a formação dos colaboradores, os prémios e incentivos, o atraso na preparação e aprovação dos projetos, o volume total de precipitação atmosférica húmida (chuva, neve e granizo), os atrasos ao nível dos pagamentos, o investimento em sistemas de informação, as condições de trabalho (*e.g.*, em matéria de saúde e segurança), as alterações ao projeto durante a sua execução, o grau de automatização de processos e os erros de projeto.

Para futuras investigações seria também de elevada pertinência a análise da eficiência a um nível mais desagregado, isto é, estudos sobre um conjunto de empresas com atividade no setor da construção de um determinado país. Tome-se como exemplo, estudos em que o objetivo passa por analisar até que ponto as empresas de maior dimensão são mais eficientes ou não relativamente às de menor dimensão, após a divisão de um determinado conjunto de empresas em *clusters* de acordo com a dimensão das mesmas.

Estudos futuros poderiam, ainda, dividir o setor da construção segundo as três grandes categorias de construção de acordo com o código F da classificação estatística das atividades económicas na União Europeia (NACE Rev.2) – Construção de Edifícios (F41), Engenharia Civil (F42) e Atividades Especializadas de Construção (F43) – e, assim, analisar a eficiência técnica de cada um destes subsectores, bem como possíveis diferenças, tendo em conta que o presente estudo analisa o setor da construção como um todo (categoria F).

## Referências

- Abdel-Wahab, M., & Vogl, B. (2011). Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan. *Construction Management and Economics*, 29(6), 635-644. <https://doi.org/10.1080/01446193.2011.573568>
- Abdel-Wahab, M., & Vogl, B. (2015). Measuring the Construction Industry's Productivity Performance: Critique of International Productivity Comparisons at Industry Level. *Journal of Construction Engineering and Management-asce*, 141, 04014085. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000944](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000944)
- Agasisti, T., Munda, G., & Hippe, R. (2019). Measuring the efficiency of European education systems by combining Data Envelopment Analysis and Multiple-Criteria Evaluation. *Journal of Productivity Analysis*, 51(2), 105-124. <https://doi.org/10.1007/s11123-019-00549-6>
- Albertini, F., Gomes, L. P., Grondona, A. E. B., & Caetano M. O. (2021). Assessment of environmental performance in building construction sites: Data envelopment analysis and Tobit model approach. *Journal of Building Engineering*, 44, 1–8 <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102994>
- Allianz. (2020, junho 19). *Construction companies in Europe: Size does matter*. Acedido em 30 de março de 2022 em [https://www.allianz-trade.com/en\\_global/news-insights/economic-insights/construction-companies-in-europe-size-does-matter.html](https://www.allianz-trade.com/en_global/news-insights/economic-insights/construction-companies-in-europe-size-does-matter.html)
- Andersen, B., & Langlo, J. A. (2016). *Productivity and Performance Measurement in the Construction Sector* [Paper presentation]. CIB World Building Congress 2016, Tampere, Finland. [https://www.researchgate.net/publication/304540304\\_Productivity\\_and\\_performance\\_measurement\\_in\\_the\\_construction\\_sector](https://www.researchgate.net/publication/304540304_Productivity_and_performance_measurement_in_the_construction_sector)
- Asmild, M., & Matthews, K. (2012). Multi-directional efficiency analysis of efficiency patterns in Chinese banks 1997-2008. *European Journal of Operational Research* 219, 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.001>
- Baker, P., Giustozzi, L., Gloser, J., Hanzl-Weiss, D., Merkus, E., Molemaker, R. J., & Stehrer, R. (2017). The European construction value chain: performance,

challenges and role in the GVC. *wiiw Research Reports*. <https://wiiw.ac.at/the-european-construction-value-chain-performance-challenges-and-role-in-the-gvc-p-4212.html>

- Banker, R. D. (1996). Hypothesis tests using Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 7(2-3), 139–159. <http://www.jstor.org/stable/41770797>
- Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986) Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs. *Operations Research*, 34(4), 513-521. <http://www.jstor.org/stable/170597>
- Banker, R. D., Charnes A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1098. <https://doi.org/10.1287/MNSC.30.9.1078>
- Berg, S. A., Førsund, F. R., & Jansen, E. S. (1992). Malmquist Indices of Productivity Growth during the Deregulation of Norwegian Banking, 1980-89. *The Scandinavian Journal of Economics*, 94, S211–S228. <https://doi.org/10.2307/3440261>
- Boame, A. K. (2004). The technical efficiency of Canadian urban transit systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(5), 401-416. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2003.09.002>
- Building Radar. (2016, fevereiro 25). *Construction Industry in Europe*. Acedido a 31 de março de 2022 em <https://buildingradar.com/construction-blog/construction-industry-europe/>
- Casu, B., & Molyneux, P. (2003). A comparative study of efficiency in European banking. *Applied economics*, 35(17), 1865-1876. <https://doi.org/10.1080/0003684032000158109>
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Chancellor, W., & Lu, W. (2016). A Regional and Provincial Productivity Analysis of the Chinese Construction Industry: 1995 to 2012. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(11), 05016013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001177](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001177)

- Charnes A., Cooper W. W., & Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., & Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of econometrics*, 30(1-2), 91-107. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., & Stutz, J. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 16(5), 223-224. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(82\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0038-0121(82)90029-5)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., & Stutz, J. (1983). Invariant multiplicative efficiency and piecewise Cobb-Douglas envelopments. *Operations Research Letters*, 2(3), 101-103. [https://doi.org/10.1016/0167-6377\(83\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0167-6377(83)90014-7)
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., & Seiford, L. M. (1994). *Data envelopment analysis: Theory, methodology, and application*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Chau, K. W., Wang, Y. S., & Lu, L. L. (2005). Technological Progress and the Productive Efficiency of Construction Firms in Hong Kong, 1981–2001. *Journal of Construction Research*, 6(2), 195–207. <https://doi.org/10.1142/S1609945105000390>
- Choong Kog, Y. (2018). Major Construction Delay Factors in Portugal, the UK, and the US. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 23(4), 04018024. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000389](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000389)
- Chortareas, G. E., Girardone, C., & Ventouri, A. (2012). Bank Supervision, regulation, and efficiency: Evidence from the European Union. *Journal of Financial Stability*, 8, 292-302. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.jfs.2011.12.001>
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. (2<sup>a</sup> ed.). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/b136381>
- Comissão Europeia. (2016). *Analytical Report: Stimulating favourable investment conditions*. European Construction Sector Observatory. [https://pzpb.com.pl/wp-content/uploads/2017/04/ECSO\\_AR\\_TO1\\_v11.3\\_clean.pdf](https://pzpb.com.pl/wp-content/uploads/2017/04/ECSO_AR_TO1_v11.3_clean.pdf)

- Comissão Europeia. (2020). *Objectives of the European construction observatory*. Acedido a 22 de setembro de 2021 em [https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory/objectives\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory/objectives_en)
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In W. W. Cooper, L. M. Seiford, & J. Zhu (Eds.), *Handbook on data envelopment analysis*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Córdova, F., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1), 69-82. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100069>
- da Costa, E. P., Afonso, C. L., Pereira, F., & Inácio, P. (2020). *Tema Económico 84 – Evolução do setor da construção em Portugal, 2008 a 2018*. Gabinete de Estratégia e Estudos. <https://www.gee.gov.pt/pt/estudos-e-seminarios/estudos-de-temas-economicos-category/30405-te-84-evolucao-do-setor-da-construcao-em-portugal-2008-a-2018>
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292. <http://dx.doi.org/10.2307/1906814>
- Decreto-Lei n.º 372/2007 de 6 de novembro do Ministério da Economia e da Inovação. (2007). Diário da República: n.º 213, Série I, 8080 – 8084. <https://www.iapmei.pt/getattachment/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao/Certificacao-PME/Decreto-Lei-372-2007.pdf.aspx>
- Dzeng, R.-J., & Wu, J.-S. (2013). Efficiency measurement of the construction industry in Taiwan: a stochastic frontier cost function approach. *Construction Management and Economics*, 31(4), 335-344. <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.787162>
- El-Mashaleh, M., (2010). Decision to bid or not to bid: a data envelopment analysis approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(1), 37-44. <https://doi.org/10.1139/L09-119>
- El-Mashaleh, M., Minchin, R. E., & O'Brien, W. J. (2007). Management of construction firm performance using benchmarking. *Journal of Management in Engineering*, 23(1), 10-17. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2007\)23:1\(10\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2007)23:1(10))

- European Builders Confederation (2022). *About us – Facts & Figures*. Acedido em 30 de março de 2022 em <https://www.ebc-construction.eu/about-us/facts-figures/>
- European Construction Industry Federation. (2015). *Construction activity in Europe*. Acedido em 31 de março de 2022 em [https://pedmede.gr/wp-content/uploads/2015/08/05\\_FIEC\\_stat2015\\_FINAL.pdf](https://pedmede.gr/wp-content/uploads/2015/08/05_FIEC_stat2015_FINAL.pdf)
- Eurostat (2018, julho). *Archive: Industry and construction statistics - short-term indicators*. Acedido a 30 de setembro de 2021 em [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Industry\\_and\\_construction\\_statistics\\_-\\_short-term\\_indicators](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Industry_and_construction_statistics_-_short-term_indicators)
- Eurostat (2021). *Construction production (volume) index overview*. Acedido a 6 de janeiro de 2022 em [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Construction\\_production\\_\(volume\)\\_index\\_overview&olidid=566710](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Construction_production_(volume)_index_overview&olidid=566710)
- Eurostat. Contas Nacionais. Luxemburgo: Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/main/data/database>
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach. In T. R. Gullede, & C. A. K. Lovell (Eds.), *International Applications of Productivity and Efficiency Analysis* (pp. 81–97). Dordrecht: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1923-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1923-0_6)
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1994a). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. In A. Chames, W. W. Cooper, A. Lewin, & L. Seiford (Eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994b). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66–83. <http://www.jstor.org/stable/2117971>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, 120(3), 253–67. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Ferrier, G. D., & Valdmanis, V. (1996). Rural hospital performance and its correlates. *Journal of Productivity Analysis*, 7(1), 63-80. <https://doi.org/10.1007/BF00158477>

- Fried, H. O., Lovell, C. K., & Schmidt, S. S. (2008). Efficiency and Productivity. In H. Fried, C. Lovell, & S. Schmidt (Eds.), *The measurement of productive efficiency and productivity growth* (pp. 3-91). Oxford: Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0001>
- García, M. (2005). Challenges of the construction sector in the global economy and the knowledge society. *International Journal of Strategic Property Management*, 9, 65-77.  
<https://doi.org/10.3846/1648715X.2005.9637528>
- Grosskopf, S., Margariti, D., & Valdmanis, V. (2004). Competitive effects on teaching hospitals. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 515-525.  
[http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00185-1](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00185-1)
- Guerrini, A., Martini, M., & Campedelli, B. (2013). Measuring the efficiency of the Italian construction industry. *International Journal of Business Performance Management*, 14(3), 307-325. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2013.054957>
- Gulati, R., & Kumar, S. (2017). Analysing banks intermediation and operating efficiencies using the two-stage network DEA model: The case of India. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(4), 500–516.  
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2016-0055>
- Horta, I. M., Camanho, A. S., & Da Costa, J. M. (2010). Performance Assessment of Construction Companies Integrating Key Performance Indicators and Data Envelopment Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), 581-594. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000145](http://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000145)
- Horta, I. M., Camanho, A. S., Johnes, J., & Johnes, G. (2013). Performance trends in the construction industry worldwide: An overview of the turn of the century. *Journal of Productivity Analysis*, 39(1), 89-99. <https://doi.org/10.1007/s11123-012-0276-0>
- INE (Instituto Nacional de Estatística). Sistema Integrado de Metainformação: conceitos. <https://smi.ine.pt/Conceito/Detalhes/5940>
- Ingvaldsen, T., Lakka, A., Nielsen, A., Bertelsen, N. H., & Jonsson, B. (2004). Productivity studies in Nordic building- and construction industry (Project report No. 377). <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2418843?show=full>

- Kapelko, M., & Lansink, A. O. (2015). Technical efficiency and its determinants in the Spanish construction sector pre- and post-financial crisis. *International Journal of Strategic Property Management*, 19(1), 96-109. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2014.973924>
- Kirjavainen, T., & Loikkanen, H. A. (1998). Efficiency differences of Finnish Senior Secondary Schools: an application of DEA and Tobit analysis. *Economics of Education Review*, 17(4), 377-394. [https://doi.org/10.1016/S0272-7757\(97\)00048-4](https://doi.org/10.1016/S0272-7757(97)00048-4)
- Koopmans, T. C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. In T. Koopmans (Ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation: Proceedings of a Conference* (pp. 33-97). John Wiley & Sons.
- Kooreman, P. (1994). Nursing home care in the Netherlands: a non-parametric efficiency analysis. *Journal of Health Economics*, 13(3), 301–316. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0167-6296(94)90029-9)
- Li, H., & Shi, J. F. (2014). Energy efficiency analysis on Chinese industrial sectors: an improved Super-SBM model with undesirable outputs. *Journal of Cleaner Production*, 65, 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.035>
- Lopes, J., Nunes, A. M., & Balsa, C. (2011). The long-run relationship between the construction sector and the national economy in Cape Verde. *International Journal of Strategic Property Management*, 15, 48-59. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2011.565909>
- Lovell, C. K. (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. In H. O. Fried, S. S. Schmidt, & C. K. Lovell (Eds.), *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford university press.
- Marinho, A. (2003). Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Economia*, 57(3), 515-534. <https://doi.org/10.1590/S0034-71402003000300002>
- Martins, A., I., R. (2012). *Avaliação da eficiência e identificação dos fatores determinantes da eficiência do setor bancário em Portugal*. [Doctoral dissertation, Faculdade de Economia da Universidade do Algarve] Sapiientia. <http://hdl.handle.net/10400.1/6077>

- McCabe, B., Tran, V., & Ramani, J. (2005). Construction prequalification using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), 183–193. <https://doi.org/10.1139/104-073>
- Moscarini, G., & Postel-Vinay, F. (2009). *Large employers are more cyclically sensitive* (NBER Working Paper No. 14740). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w14740>
- Murillo, K. P., Rocha, E., & Rodrigues, M. F. (2019). Construction sectors efficiency analysis on seven European countries. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(8), 1801-1819. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0287>
- Narodowy Bank Polski. (2009). *Foreign direct Investment in Poland in 2009*. Acedido em 31 de março de 2022 em <http://www.nbp.pl/publikacje/zib/zib2009.pdf>
- Narodowy Bank Polski. (2014). *Foreign Direct Investment in Poland – Data for 2014 (EUR)*. Acedido em 31 de março de 2022 em <http://www.nbp.pl/homen.aspx?f=/en/publikacje/ziben/ziben.html>
- Nazarko, J., & Chodakowska, E. (2015). Measuring productivity of construction industry in Europe with Data Envelopment Evaluation. *Procedia Engineering*, 122, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.026>
- Nazarko, J., & Chodakowska, E. (2017). Labour efficiency in construction industry in Europe based on frontier methods: data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23, 787-795. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1321577>
- Nunes, C. (2001). *Construção: O Desafio da especialização*. GEPE - Gabinete de Estudos e Prospectiva Económica, Ministério da Economia, Lisboa. <https://www.gee.gov.pt/en/docs/estudos-e-seminarios/historico/documentos-de-trabalho/5228-construcao-o-desafio-da-especializacao/file>
- Oliveira, M. M. (2004, abril). *Modelos de Regressão com Variável Dependente Truncada ou Censurada*. Acedido a 15 de janeiro de 2022 em [https://www.fep.up.pt/disciplinas/2E103/ec\\_cens.pdf](https://www.fep.up.pt/disciplinas/2E103/ec_cens.pdf)

- Park, J., Ham, S., & Hong, T. (2012). Construction Business Cycle Analysis Using the Regime Switching Model. *Journal of Management in Engineering*, 28(4), 362-371. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000107](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000107)
- Regulamento (CE) n° 2223/96 do Conselho de 25 de junho de 1996, relativo ao Sistema europeu de contas nacionais e regionais na Comunidade. *Jornal Oficial*, L 310, 1 – 469. CELEX: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31996R2223>[legislation]
- Regulamento (UE) n. ° 549/2013 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2013, relativo ao sistema europeu de contas nacionais e regionais na União Europeia (Texto relevante para efeitos do EEE). *Jornal Oficial*, L 174, 1-727. CELEX: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013R0549>[legislation]
- Rivera, A. O., & Kashiwagi, J. (2016). Identifying the Causes of Inefficiency and Poor Performance of the Delivery of Services. *Procedia Engineering*, 145, 1378-1385. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.203>
- Rivera, A. O., Le, N., Kashiwagi, J., & Kashiwagi, D. T. (2016). Identifying the Global Performance of the Construction Industry. *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 8(2), 7. <https://doi.org/10.37265/japiv.v8i2.61>
- Romão, T. G. (2015). *Evolução do Sector da Construção em Portugal: Aplicação do Modelo Structure-Conduct-Performance*. [Master's thesis, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa] <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mec/dissertacao/846778572210673>
- Ruggiero, J. (1998). Cost efficiency in the provision of educational services: an application of data envelopment analysis. *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 53-71. <https://doi.org/10.1080/08823871.1998.10462320>
- Scheraga, C. A. (2004). Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelopment and Tobit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(5), 383-404. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.12.003>
- Schwab, K. (2014). *The Global Competitiveness Report 2014–2015*. World Economic Forum. <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2014-2015/>

- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Non-parametric statistics for the Behavioral Sciences*. (2<sup>a</sup> ed.). New York: McGraw-Hill. <http://dx.doi.org/10.1177/014662168901300212>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1), 31–64. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2008). Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives. In H. Fried, C. Lovell, & S. Schmidt (Eds.), *The measurement of productive efficiency and productivity growth* (pp. 421-521). Oxford: Oxford University Press.
- Stavárek, D. (2006). Banking efficiency in the context of European integration. *Eastern European Economics*, 44(4), 5–31. <http://dx.doi.org/10.2753/EEE0012-8775440401>
- Trần, H. T., & Hoang, H. T. (2018). Evaluating the Impact of Factors on the Shift of Economic Structure in Vietnam. In L. Anh, L. Dong, V. Kreinovich, & N. Thach (Eds.), *ECONVN 2018: Econometrics for Financial Applications* (pp. 1046-1060). Springer.
- Tsolas, I. E. (2011). Modelling profitability and effectiveness of Greek-listed construction firms: an integrated DEA and ratio analysis. *Construction Management and Economics*, 29(8), 795-807. <https://doi.org/10.1080/01446193.2011.610330>
- Wong, J. M., Chiang, Y. H., & Ng, T. S. (2008). Construction and economic development: the case of Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 26, 815 - 826. <https://doi.org/10.1080/01446190802189927>
- Xue, M., & Harker, P. T. (1999). *Overcoming the inherent dependency of DEA efficiency scores: a bootstrap approach* (Working Paper, 99-17), Wharton Financial Institutions Center, University of Pennsylvania.
- Xue, X., Shen, Q., Wang, Y., & Lu, J. (2008). Measuring the productivity of the construction industry in China by using DEA-based Malmquist productivity indices. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(1), 64–71. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:1\(64\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:1(64))

- You, T., & Zi, H. (2007). The economic crisis and efficiency change: evidence from the korean construction industry. *Applied Economics*, 39(14), 1833–1842.  
<https://doi.org/10.1080/00036840600690199>
- Yuan, F., Tang, M., & Hong, J. (2020). Efficiency estimation and reduction potential of the Chinese construction industry via SE-DEA and artificial neural network. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(7), 1533-1552.  
<https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2019-0564>

## Anexos

**Figura A1** – Evolução da produção da construção na UE entre 2005 e 2021 (2015=100)



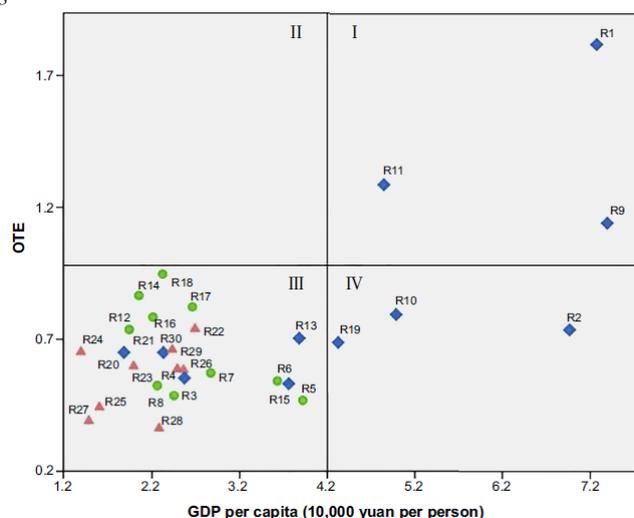
Fonte: Eurostat (2021)

**Quadro A1** – Resumo das propriedades dos métodos DEA e SFA

	DEA	SFA
Método paramétrico e implicações	Não Não é especificada uma forma funcional Não é possível testar hipóteses Sensível a <i>outliers</i>	Sim Deve ser especificada uma forma funcional É possível testar hipóteses sobre os coeficientes Lida com <i>outliers</i>
Método de estimação	Programação matemática	Máxima verossimilhança
Pode ser usado para medir: Eficiência técnica e alocativa	Sim	Sim
Assume a existência de perturbação aleatória	Não	Sim
Dados em painel	Sim	Sim
Acomoda variáveis ambientais	Sim	Sim
Restrições de dados	Consegue comportar múltiplos <i>outputs</i> e múltiplos <i>inputs</i> Requer uma amostra alargada	Normalmente consegue comportar apenas um único <i>output</i> e múltiplos <i>inputs</i> , mas também pode lidar com vários <i>outputs</i> estimando, por exemplo, uma função distância. Requer uma amostra alargada

Fonte: Adaptado de Coelli et al. (2005)

**Figura A2** – Correlação entre a eficiência técnica e o PIB *per capita* de 30 setores de construção chineses



Fonte: Yuan et al. (2020)

Nota: OTE – Overall Technical Efficiency; GDP per capita – PIB *per capita*

**Figura A3** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2015

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.2143</b>	<b>0.276</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.2143</b>	<b>0.541</b>	<b>0.549</b>

Nota: Grupo 1 – Ineficiência calculada segundo CRS; Grupo 2 – Ineficiência calculada segundo VRS

**Figura A4** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2016

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.1786</b>	<b>0.409</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.1786</b>	<b>0.763</b>	<b>0.773</b>

Nota: Grupo 1 – Ineficiência calculada segundo CRS; Grupo 2 – Ineficiência calculada segundo VRS

**Figura A5** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2017

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.1786</b>	<b>0.409</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.1786</b>	<b>0.763</b>	<b>0.773</b>

Nota: Grupo 1 – Ineficiência calculada segundo CRS; Grupo 2 – Ineficiência calculada segundo VRS

Figura A6 – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2018

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.2143</b>	<b>0.276</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.2143</b>	<b>0.541</b>	<b>0.549</b>

Nota: Grupo 1 – Ineficiência calculada segundo CRS; Grupo 2 – Ineficiência calculada segundo VRS

Tabela A1 – Índices de eficiência técnica do setor da construção dos países da UE com base no modelo de DEA com rendimentos constantes à escala (CRS)

Países/DMUs	2015	2016	2017	2018
Alemanha	0,873	0,886	0,882	0,902
Áustria	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Bélgica	0,772	0,612	0,58	0,624
Bulgária	0,395	0,508	0,491	0,462
Chipre	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,828	0,918
Croácia	0,542	0,616	0,629	0,816
Dinamarca	0,766	0,799	0,875	0,898
Eslováquia	<b>1,00</b>	0,976	0,949	<b>1,00</b>
Eslovénia	0,614	0,595	0,61	0,676
Espanha	0,92	0,958	0,916	0,97
Estónia	0,541	0,632	0,62	0,747
Finlândia	0,778	0,72	0,747	0,791
França	0,993	0,891	0,816	0,874
Grécia	0,507	0,526	0,387	0,814
Hungria	0,765	0,653	0,661	0,738
Irlanda	0,567	0,624	0,604	0,733
Itália	0,77	0,81	0,86	0,957
Letónia	0,679	0,497	0,507	0,58
Lituânia	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Luxemburgo	0,75	0,682	0,686	0,751
Malta	0,59	0,591	0,854	0,66
Países Baixos	0,856	0,868	0,861	0,823
Polónia	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Portugal	0,514	0,542	0,496	0,555
República Checa	0,57	0,607	0,592	0,589
Roménia	0,895	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Suécia	0,793	0,713	0,734	0,705
Reino Unido	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Média (UE)	0,766	0,761	0,757	0,807

**Figura A7** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2015

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.2557</b>	<b>0.178</b>	
2:	<b>-0.0043</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.2557</b>	<b>0.354</b>	<b>0.290</b>

Nota: Grupo 1 – Amostra completa; Grupo 2 – Amostra excluindo Chipre, Malta e Polónia

**Figura A8** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2016

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.1971</b>	<b>0.358</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.1971</b>	<b>0.684</b>	<b>0.603</b>

Nota: Grupo 1 – Amostra completa; Grupo 2 – Amostra excluindo Chipre, Malta e Polónia

**Figura A9** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2017

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.2600</b>	<b>0.168</b>	
2:	<b>0.0000</b>	<b>1.000</b>	
Combined K-S:	<b>0.2600</b>	<b>0.334</b>	<b>0.273</b>

Nota: Grupo 1 – Amostra completa; Grupo 2 – Amostra excluindo Chipre, Malta e Polónia

**Figura A10** – Teste de Kolmogorov-Smirnov para 2018

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution function

Smaller group	D	P-value	Exact
1:	<b>0.1757</b>	<b>0.442</b>	
2:	<b>-0.0086</b>	<b>0.998</b>	
Combined K-S:	<b>0.1757</b>	<b>0.809</b>	<b>0.722</b>

Nota: Grupo 1 – Amostra completa; Grupo 2 – Amostra excluindo Chipre, Malta e Polónia

**Tabela A2** – Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis explicativas

	<b>PIB</b>	<b>ACID</b>	<b>EMP</b>
<b>PIB</b>	1		
<b>ACID</b>	0,2518	1	
<b>EMP</b>	0,1959	0,7275	1