

**Relatório Final do Projeto**  
**POAT-01-6177-FEDER-000044**  
**ADEPT - Avaliação de Políticas de Intervenção Cofinanciadas em**  
**Empresas**

30 de setembro de 2022

Este projeto é cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Acordo de Parceria Portugal 2020 – Programa Operacional Assistência Técnica (POAT 2020), no âmbito do projeto POAT-01-6177-FEDER-000044 ADEPT: Avaliação de Políticas de Intervenção Cofinanciadas em Empresas.

## Sumário

**Promotor:** Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra Business School ISCAC

**Equipa:**

Carla Henriques (IR) – análise de sensibilidade e robustez; implementação de vários modelos de análise de eficiência;

Maria do Castelo Gouveia (co-IR) – implementação do modelo *Value Based Data Envelopment Analysis*;

Ana Cristina Amaro – definição dos indicadores; revisão da literatura;

Clara Viseu – recolha e tratamento de dados; implementação de modelos econométricos

António Trigo Ribeiro - desenvolvimento de aplicação informática.

**Abstract**

This work aimed primarily at employing novel methodologies in the assessment of the efficiency of the implementation of different Operational Programmes (OPs) from different beneficiary countries and regions of the European Union (EU), under the European Regional Development Fund (ERDF), dedicated to thematic objectives (TOs) 1 - Research and Innovation (R&I), 2 - Information and Communication Technologies (ICTs) and 4 - Low-Carbon Economy (LCE). To this end, data made available on the websites of the European Commission (EC) and the Organisation for Cooperation and Development (OECD) were used. These data involve financial, procedural, result and contextual implementation indicators for the Structural Funds implemented in the period 2014-2020, mainly dedicated to Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), within the ERDF. The data used are recent and adequate to instantiate nonparametric models, particularly based on the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology. The main advantage of using these approaches is the richness of information that it can offer to management authorities (MAs) about the inefficiency of the OPs against their peers. Through the DEA approach, it is possible to identify the benchmarks of inefficient OPs and relevant information can be obtained on the best practices to follow to achieve efficiency. Despite the indisputable advantages of DEA methodologies over other traditional approaches (e.g., microeconomic studies using control groups and evaluation of case studies), studies exploring their use in the context of the efficiency assessment of structural funds continue to be lacking. Therefore, our work was innovative, while it allowed us to explore the use of different types of DEA methodologies in the evaluation of OPs devoted to TOs 1, 2 and 4. In this context, regarding the domain of R&I (TO1), 53 OPs from 19 countries were evaluated. From the analysis of the results obtained, it was possible to ascertain that, in general, the more developed regions do not make an efficient application of ERDF funds to foster R&I in SMEs. Overall, MAs should focus on solving the problems inherent to the poor outcomes concerning strengthening the number of researchers working in improved research infrastructures and promoting the transfer of technology/knowledge between research institutions and firms. It was also possible to establish that the existence of a higher proportion of university graduates does not seem to imply an adequate use of the ERDF dedicated to R&I in SMEs. However, lifelong learning seems to be positively related to the good performance of the results achieved at the level of the indicators "researchers working in improved infrastructures" and "number of supported companies". Research and development (R&D) expenditures in the public sector seem to contribute favourably to the performance of the "researchers working in improved infrastructures" indicator but have the opposite effect on the "number of companies supported" and the "number of companies working with research institutions". In addition, since R&D spending in the private sector has a positive impact on the performance of the "number of companies working with research institutions" indicator, these results seem to demonstrate that R&D in the public sector has a more tenuous influence on the innovation of SMEs than the R&D spending in the private sector. Finally, innovative SMEs, which collaborate with other knowledge-generating entities, have a positive effect both on the performance of the "number of companies supported" and on the "number of companies working with research institutions" indicators. Regarding the field of ICTs (TO2), we observed that only 20% of the evaluated OPs (i.e., 51 OPs from 16 countries) achieved efficient procedural implementations. Two of the OPs most often selected as a reference for best practices belonged to Spain (a country that uses vouchers as an incentive system for SMEs to adopt ICTs), remaining robustly efficient, even with the introduction of 5% and 10% perturbations in the evaluation factors. The "number of supported operations" is the metric that requires the most attention, indicating a weak use of EU funds by companies. On the other hand, the results obtained indicate that, once again, the most developed regions, with a higher proportion of ICT specialists, are those that tend to make worse use of ERDF funds dedicated to the promotion of ICTs in SMEs. Finally, regarding the promotion of an LCE (TO4), 102 OPs from 22 countries were evaluated. In this case, MAs should pay particular attention to reducing greenhouse gas (GHG) emissions, as around 58% of the OPs evaluated needed to substantially improve their performance in this indicator. In addition, the execution rate of the OPs (ratio between the amount spent and the approved amount) is also an aspect that requires attention, as 11 OPs needed to significantly improve their performance on this metric. Also, within the framework of this TO, a national assessment of the implementation of the ERDF was carried out, and it was possible to find that 43% of the 23 Member States (MS) evaluated had an efficient implementation of these funds, mainly due to their good performance in the execution rate of these type of projects. Spain was the country that stood out most for the positive, considered a country that was robustly efficient for disturbances introduced in the evaluation criteria of 5% and 10%, while other countries such as Romania, Hungary and the Czech Republic stood out for their negative performances.

**Keywords:** ERDF, Operational Programs, Efficiency, Indicators, Data Envelopment Analysis (DEA).

## Resumo

Este trabalho visou, fundamentalmente, utilizar metodologias inovadoras na avaliação da eficiência da implementação de diferentes Programas Operacionais (POs) de diferentes países e regiões beneficiários da União Europeia (UE), no âmbito do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), dedicados a apoiar, em particular, os Objetivos Temáticos (OTs) 1 - Investigação e Inovação (I&I), 2 - Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e 4 - Economia Hipocarbónica (EH). Para tal, foram utilizados dados disponibilizados nos *websites* da Comissão Europeia (CE) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento (OCDE). Estes dados envolvem indicadores de execução financeira, procedimentais, de resultado e contextuais, para os fundos estruturais implementados, no período 2014-2020, principalmente dedicados às Pequenas e Médias Empresas (PMEs), no âmbito do FEDER. Os dados utilizados são recentes e adequados para instanciar modelos não paramétricos, particularmente assentes na metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA). A principal vantagem de utilizar este tipo de abordagens é a riqueza da informação que pode oferecer às autoridades gestoras (AGs) relativamente à ineficiência dos POs, em relação aos seus pares. Através da abordagem DEA, é possível identificar os *benchmarks* dos POs ineficientes e podem ser obtidas informações pertinentes sobre as melhores práticas a seguir para alcançar a eficiência. Não obstante as vantagens indiscutíveis das metodologias DEA em relação a outras abordagens tradicionais (e.g., estudos microeconómicos, que utilizam grupos de controlo e avaliação de estudos de caso), continuam a faltar estudos que explorem a sua utilização no âmbito da avaliação da eficiência dos fundos estruturais. Por conseguinte, o nosso trabalho foi inovador, enquanto permitiu explorar a utilização de diferentes tipos de metodologias DEA no âmbito da avaliação dos OTs 1, 2 e 4. Assim, no que se refere ao domínio da I&I (OT1), foram avaliados 53 POs de 19 países. Da análise dos resultados obtidos, foi possível concluir que, em geral, as regiões mais desenvolvidas não fazem uma aplicação eficiente dos fundos do FEDER destinados a fomentar a I&I nas PMEs. Globalmente, as AGs devem centrar-se na resolução dos problemas inerentes aos maus resultados no que se refere ao reforço do número de investigadores a trabalhar em infraestruturas de investigação melhoradas e à promoção da transferência de tecnologia/conhecimento entre instituições de investigação e as empresas. Foi ainda possível estabelecer que a existência de uma maior proporção de diplomados universitários parece não implicar uma utilização adequada do FEDER dedicado à I&I nas PMEs. No entanto, a aprendizagem ao longo da vida parece estar positivamente relacionada com o bom desempenho dos resultados alcançados ao nível dos indicadores "investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas" e "número de empresas apoiadas". As despesas de investigação e desenvolvimento (I&D) no sector público aparentam contribuir favoravelmente para o desempenho do indicador "investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas", mas têm o efeito inverso no "número de empresas apoiadas" e no "número de empresas que trabalham com instituições de investigação". Adicionalmente, estes resultados parecem demonstrar que a I&D no sector público tem uma influência mais ténue na inovação das PMEs do que a I&D no sector privado. Por último, as PMEs inovadoras, que colaboram com outras entidades geradoras de conhecimento, revelam um efeito positivo tanto no desempenho do indicador "número de empresas apoiadas" como do "número de empresas que trabalham com instituições de investigação". No que diz respeito ao domínio das TICs (OT2), observámos que apenas 20% dos POs avaliados (i.e., 51 POs de 16 países) obtiveram execuções procedimentais eficientes. Dois dos POs mais considerados como referência de melhores práticas pertenciam a Espanha (país que usa "vouchers" como sistema de incentivo para as PMEs adotarem TICs), mantendo-se robustamente eficientes, mesmo com a introdução de perturbações de 5% e 10% nos fatores de avaliação. O "número de operações apoiadas" é a métrica que requer mais atenção, indicando uma fraca utilização dos fundos comunitários pelas empresas. Por outro lado, os resultados obtidos indicam que são, uma vez mais, as regiões mais desenvolvidas, com mais especialistas em TICs, as que tendem a fazer uma pior utilização dos fundos do FEDER dedicados à promoção das TICs nas PMEs. Finalmente, no que concerne ao domínio da promoção de uma EH (OT4), foram avaliados 102 POs de 22 países. Neste caso, as AGs devem prestar especial atenção à redução das emissões de Gases com Efeitos de Estufa (GEE), uma vez que cerca de 58% dos POs avaliados necessitavam de melhorar substancialmente o seu desempenho neste indicador. Adicionalmente, a taxa de execução dos POs (rácio entre o montante gasto e o montante aprovado) é também um aspeto que requer atenção, dado que 11 POs necessitavam de melhorar significativamente o seu desempenho nesta métrica. Ainda no âmbito da EH, foi efetuada uma avaliação a nível nacional da execução do FEDER, tendo sido possível constatar que 43% dos 23 Estados-Membros (EMs) avaliados fizeram uma implementação eficiente destes fundos, fundamentalmente, devido ao seu bom desempenho na taxa de execução deste tipo de projetos. A Espanha foi o país que mais se destacou pela positiva, considerado um país robustamente eficiente para perturbações introduzidas nos critérios de avaliação de 5% e 10%, enquanto outros países como a Roménia, a Hungria e a República Checa destacaram-se pela negativa.

**Palavras-chave:** FEDER, Programas Operacionais, Eficiência, Indicadores, Data Envelopment Analysis (DEA).

## Índice

Abstract.....	3
Resumo .....	4
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. ENQUADRAMENTO E CONTEXTO DO OBJETO DO ESTUDO .....	11
3. ESTUDOS .....	14
3.1. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da I&I nas empresas .....	14
3.1.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta .....	14
3.1.2. Metodologia.....	15
3.1.2.1. O modelo SBM .....	15
3.1.2.2. O modelo Network SBM .....	15
3.1.2.3. Os modelos SBM/Network SBM combinados com Análise de Clusters.....	16
3.1.2.4. O modelo SBM em três fases.....	17
3.1.3. Dados e pressupostos .....	17
3.1.3.1. Seleção dos inputs e outputs .....	18
3.1.3.2. Seleção dos fatores contextuais .....	19
3.1.4. Resultados obtidos .....	19
3.1.4.1. Resultados obtidos com o modelo Network SBM .....	19
3.1.4.2. Resultados do modelo SBM em três fases .....	24
3.2. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção das TICs nas PMEs .....	26
3.2.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta .....	26
3.2.2. Metodologia.....	27
3.2.2.1. O modelo WRDD .....	27
3.2.2.2. O modelo WRDD em três fases .....	27
3.2.3. Dados e pressupostos .....	28
3.2.3.1. Seleção dos inputs e outputs .....	28
3.2.3.2. Seleção dos fatores contextuais .....	28
3.2.4. Resultados obtidos .....	28
3.3. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da EH .....	33
3.3.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta .....	33
3.3.2. Metodologia.....	34
3.3.2.1. O modelo SBM orientado a output .....	34
3.3.2.2. O modelo VBDEA.....	34
3.3.3. Dados e pressupostos .....	36
3.3.4. Resultados obtidos .....	36
3.3.4.1. Resultados relativos aos POs .....	36
3.3.4.2. Resultados relativos aos EMs .....	39
4. CONCLUSÕES .....	42
Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da I&I nas empresas .....	42
Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção das TICs nas PMEs .....	44
Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da EH .....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E ELETRÓNICAS .....	46

## Índice das Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Publicações em revistas científicas .....	9
<b>Tabela 2.</b> Publicações em livro de proceedings com revisão pelos pares .....	9
<b>Tabela 3.</b> Comunicações apresentadas em eventos internacionais.....	10
<b>Tabela 4.</b> Livro de Proceedings .....	10
<b>Tabela 5.</b> Inputs e outputs selecionados para avaliar os POs dedicados a fomentar a I&I nas PMEs.....	18
<b>Tabela 6.</b> Principais características dos POs globalmente eficientes. ....	22
<b>Tabela 7.</b> Potencial de melhoria para os POs—Eficiência global de cada cluster. ....	23
<b>Tabela 8.</b> Resultados da análise de sensibilidade.....	24
<b>Tabela 9.</b> Resultados obtidos com o método SFA .....	24
<b>Tabela 10.</b> Estatísticas descritivas dos resultados obtidos para os POs eficientes e ineficientes com fatores ajustados ..	26
<b>Tabela 11.</b> Estatísticas descritivas dos inputs e outputs .....	28
<b>Tabela 12.</b> Estatísticas descritivas dos fatores contextuais. ....	28
<b>Tabela 13.</b> Estatísticas descritivas dos resultados obtidos com os modelos SBM e WRDD .....	29
<b>Tabela 14.</b> Resultados obtidos com o método SFA para ambos os modelos .....	31
<b>Tabela 15.</b> Características dos POs eficientes com e sem fatores ajustados de acordo com ambos os modelos.....	33
<b>Tabela 16.</b> Inputs e outputs selecionados.....	36
<b>Tabela 17.</b> Estatísticas descritivas dos resultados obtidos em relação aos POs. ....	36
<b>Tabela 18.</b> Implicações políticas e sugestões para os POs ineficientes.....	38

## Índice das Figuras

<b>Figura 1.</b> Avaliações realizadas e metodologias utilizadas, por país, desde 2015 respeitantes aos períodos de programação de 2007-2013 e 2014-2020. ....	12
<b>Figura 2.</b> Número de avaliações respeitantes ao período de programação 2014-2020 por OT.....	12
<b>Figura 3.</b> Estrutura da rede considerada no modelo NSBM para avaliar a eficiência dos POs dedicados à I&I .....	19
<b>Figura 4.</b> <i>Scores</i> de eficiência de 53 POs na meta-fronteira e na fronteira de cada <i>cluster</i> respeitantes à eficiência procedimental (a), potencial de geração de I&I (b) e eficiência global (c). ....	21
<b>Figura 5.</b> Potencial de melhoria dos fatores calculados com base nos modelos SBM e WRDD .....	30
<b>Figura 6.</b> Análise de robustez por PO nos modelos SBM (a) e WRDD (b). Nota: <i>Efficiency L(U)</i> designa o limite inferior (superior) do <i>score</i> de eficiência para perturbações de 5 e 10% dos fatores de avaliação. ....	31
<b>Figura 7.</b> Estatísticas descritivas dos resultados com fatores ajustados nos modelos SBM (a) e WRDD (b).....	32
<b>Figura 8.</b> <i>Scores</i> de eficiência de 102 POs na meta-fronteira e na fronteira de cada <i>cluster</i> . ....	37
<b>Figura 9.</b> Ordenação dos EMs de acordo com os <i>scores</i> de (in)eficiência.....	39
<b>Figura 10.</b> Vetores médios de ponderação obtidos com o método VBDEA.....	39
<b>Figura 11.</b> Resultados obtidos de acordo com os vetores de ponderação calculados com o modelo VBDEA (ordenação decrescente) .....	40
<b>Figura 12.</b> Número de vezes que cada EM foi selecionado como benchmark.....	40
<b>Figura 13.</b> Resultados obtidos de acordo com as <i>slacks</i> calculadas com o modelo VBDEA (ordenação decrescente) ...	41
<b>Figura 14.</b> Ajustamentos médios requeridos para atingir a eficiência de acordo com as <i>slacks</i> .....	41
<b>Figura 15.</b> Limites inferiores e superiores para os <i>scores</i> de (in)eficiência de cada EM. ....	42



## 1. INTRODUÇÃO

Os fundos dedicados à política de coesão visam alcançar a convergência dos níveis de riqueza em todos os Estados-Membros (EMs) da União Europeia (UE). Estes constituem o segundo maior grupo de despesas do orçamento da UE, pelo que a sua avaliação assume um papel preponderante. Neste contexto, existem diferentes ferramentas e metodologias que podem ser utilizadas para esse efeito, todas elas com as suas vantagens e desvantagens (Gouveia *et al.*, 2021). Por exemplo, os modelos macroeconómicos (*e.g.* Di Comite *et al.*, 2018; Barbero *et al.*, 2022; Diuknanova *et al.*, 2022) permitem avaliar o impacto potencial dos fundos da UE no crescimento económico, mas ignoram as questões inerentes à gestão dos Programas Operacionais (POs) (Marzinotto, 2012). Existem outras abordagens de modelização que consideram estimativas económicas (*e.g.* Stojčić e Srhoj, 2020; Radicic e Pugh, 2017; Santos *et al.*, 2019; Thum-Thysen *et al.*, 2019; Fattorini *et al.*, 2020; Sein e Prokop, 2021), que podem traduzir-se em estimativas enviesadas dos impactos dos fundos estruturais, caso algumas variáveis sejam omitidas, levando vários autores a questionar o seu uso (Durlauf, 2009; Wostner e Šlander, 2019; Berkowitz *et al.*, 2020).

Neste contexto, a abordagem *Data Envelopment Analysis* (DEA), é uma ferramenta alternativa, tratando-se de um método não paramétrico para medir a eficiência relativa de Unidades de Decisão (UDs) – neste caso, os POs e os países, permitindo a consideração de múltiplos fatores na avaliação global do desempenho destas. A DEA é baseada em programação linear, para avaliar a eficiência relativa de UD com características semelhantes, gerando um indicador global de eficiência para cada Unidade de Decisão (UD) sob avaliação, com base nos *inputs* (recursos) que consome e nos *outputs* (resultados) que produz. Apesar de, nos últimos anos, haver uma aplicação prolífica desta abordagem em diferentes contextos de política pública, nomeadamente na avaliação da eficiência de escolas (Henriques *et al.*, 2022; Henriques e Marcenaro, 2021) e hospitais (Henriques e Gouveia, 2022), muito poucos exploraram a utilização desta ferramenta de análise na avaliação de políticas de intervenção cofinanciadas (Gouveia *et al.*, 2021). Neste contexto, o trabalho desenvolvido neste projeto pretendeu colmatar esta lacuna identificada na literatura, com a proposta da utilização desta ferramenta de análise para avaliar a eficiência da implementação dos fundos comunitários no âmbito dos objetivos temáticos (OTs) 1 - Investigação e Inovação (I&I), 2 – Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e 4 – Economia Hipocarbónica (EH).

Para a concretização deste objetivo, foram encetadas cinco tarefas que conduziram ao cumprimento dos quatro *milestones* do projeto. Os três primeiros *milestones* consistiram na avaliação de POs no âmbito dos OTs 1, 2 e 4, e, o último, diz respeito ao desenvolvimento de uma aplicação informática, que pode ser utilizada na avaliação dos POs pelas Autoridades Gestoras (AGs).

Na execução da Tarefa 1 (Definição dos Indicadores), foi garantido o envolvimento dos *stakeholders* para que os valores públicos se refletissem nas decisões relativas à atribuição dos fundos comunitários. Para tal, realizou-se remotamente um *workshop* facilitado, no dia 27 do mês de outubro de 2021, tendo estado presentes todos os elementos do projeto e os convidados Mariana Melo (PO Açores), Duarte Freitas (IDE), Cláudia Romão (IAPMEI), Vasco Leite (CCDR-N), Neusa Magalhães (CCDR-C), Ana Margarida Reis (PO Açores), Ana Cristina Raposo (IAPMEI), Fernando Nogueira (CCDR-LVT), Catarina Monteiro (PO Açores), Cristina Gouveia (IDE), José Jorge Gouveia (IDE) e Nuno Melo Alves (PO Açores). As principais conclusões obtidas no âmbito deste evento foram as seguintes:

- 1) Os intervenientes anuíram que não estão disponíveis indicadores ambientais ou respeitantes ao investimento em TICs.
- 2) Foi referido que é possível obter relatórios de execução dos programas junto das AGs, nomeadamente junto da Agência para o Desenvolvimento e Coesão, I.P., bem como relatórios de monitorização (trimestrais), que disponibilizam indicadores de realização e de resultado.
- 3) Finalmente, foi informado que os indicadores de realização são disponibilizados por área de intervenção e os indicadores de resultado por território.

Neste sentido, solicitámos aos intervenientes os relatórios de execução supramencionados, de modo a obter informação sobre os indicadores de realização e de resultado, relativamente aos programas executados até ao momento mais recente possível (nomeadamente, postos de trabalho qualificados e não qualificados, valor das exportações, etc.). No final, a informação obtida foi tratada na Tarefa 2 (Definição dos Indicadores).

Na Tarefa 2, uma vez que o formato de recolha de informação disponibilizado pelas diferentes entidades não era homogéneo, foi necessário coligir os dados obtidos num único documento, processo que se revelou particularmente moroso. Finalmente, constatou-se que os dados disponíveis e coligidos a nível nacional eram insuficientes, particularmente no que concerne aos três OTs que pretendíamos avaliar: I&I, TICs e EH. Assim sendo, de modo a dar cumprimento aos *milestones* do projeto, foram recolhidos dados a partir do *website* da Comissão Europeia (CE) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento (OCDE)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020/ESIF-2014-2020-Achievement-Details/aesb-873i> (acedido em 01 julho de 2022); <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020/ESIF-2014-2020-Finance-Implementation-Details/99js-gm52> (acedido em 01 julho de 2022); <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Categorisation/ESIF-2014-2020-categorisation-ERDF-ESF-CF-planned-/3kx-ekfq> (acedido em 01 julho de 2022);



No que diz respeito às Tarefas 3 (Implementação do modelo) e 4 (Análise de sensibilidade e robustez), foram publicados 11 artigos (5 em revistas científicas de primeiro quartil, indexadas na *Scopus* e 6 num livro de *proceedings*, sujeitos a revisão pelos pares), e foram apresentadas 14 comunicações em eventos científicos internacionais, que permitiram validar cientificamente os estudos apresentados neste relatório – vide Tabelas 1 a 3 e Anexos.

**Tabela 1. Publicações em revistas científicas**

Nº	Milestone	Publicação
1	1	Henriques, C., Viseu, C., Neves, M., Amaro, A., Gouveia, M. & Trigo, A. (2022). How Efficiently does the EU Support Research and Innovation in SMEs? <i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i> . 8(2):92. IF. 3.8. Revista indexada à <i>Scopus</i> (DOI: 10.3390/joitmc8020092) <ul style="list-style-type: none"> <li>Revista de 1º Quartil – Economics, Econometrics and Finance (miscellaneous)</li> </ul>
2	2	Henriques, C., & Viseu, C. (2022). Are ERDF Devoted to Boosting ICT in SMEs Inefficient? A Three-Stage SBM Approach. <i>Sustainability</i> , 14, 10552. IF. 3.889. Revista indexada à <i>Scopus</i> (DOI: https://doi.org/10.3390/su141710552) <ul style="list-style-type: none"> <li>Revista de 1º Quartil – Geography, Planning and Development</li> <li>This article belongs to the Special Issue on Information Systems and Business Process Management</li> </ul>
3	2	Henriques, C., & Viseu, C. (2022). How efficient is the implementation of structural funds committed to enhancing ICT adoption in SMEs?. <i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i> , 8(3): 147. IF. 3.8. Revista indexada à <i>Scopus</i> (DOI: https://doi.org/10.3390/joitmc8030147) <ul style="list-style-type: none"> <li>Revista de 1º Quartil – Economics, Econometrics and Finance (miscellaneous)</li> </ul>
4	3	Henriques, C., Viseu, C., Trigo, A., Gouveia, M., & Amaro, A. (2022). How Efficient Is the Cohesion Policy in Supporting Small and Mid-Sized Enterprises in the Transition to a Low-Carbon Economy? <i>Sustainability</i> , 14(9), 5317. IF. 3.889. Revista indexada à <i>Scopus</i> (DOI: 10.3390/su14095317) <ul style="list-style-type: none"> <li>Revista de 1º Quartil – Geography, Planning and Development</li> <li>Artigo classificado como Editor's choice.</li> <li>This article belongs to the Special Issue on Low Carbon Economy, Green Innovation, Renewable Energy and Sustainable Development</li> </ul>
5	3	Gouveia, M., Henriques, C., & Amaro, A. (2022). Is the cohesion policy efficient in supporting the transition to a Low-Carbon Economy? Some Insights with Value-Based Data Envelopment Analysis. <i>Sustainability</i> , 14 (18), 11587. IF. 3.889. Revista indexada à <i>Scopus</i> (DOI: 10.3390/su141811587) <ul style="list-style-type: none"> <li>Revista de 1º Quartil – Geography, Planning and Development</li> <li>This article belongs to the Special Issue on Circular Economy Practices and Environmental Policies: A Strategic Move to Achieve Sustainable Development Goals</li> </ul>

**Tabela 2. Publicações em livro de *proceedings* com revisão pelos pares**

Nº	Milestone	Publicação
1	1	Henriques, C., & Viseu, C. (2022). Evaluating the reasons behind the inefficient implementation of ERDF devoted to R&I in SMEs. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 7 –22, Springer.
2	2	Henriques, C., & Viseu, C. (2022). Are ERDF devoted to boosting ICT in SMEs inefficient? Insights through different DEA models. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 23 –32, Springer.
3	2	Henriques, C., & Viseu, C. (2022). Are ERDF devoted to boosting ICT in SMEs inefficient? Further insights through the joint use of DEA with SFA models. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 33 –43, Springer.
4	4	Trigo, A., Gouveia, M. C., & Henriques, C. (2022). Python implementation of the Value-Based DEA method. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 45 –55, Springer.
5	3	Gouveia, M. C., Henriques, C., & Amaro, A. (2022). Are ERDF efficient in strengthening the switch to a Low-Carbon Economy? Some Insights with Value-Based Data Envelopment Analysis. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 57 –65, Springer.
6	1,2,3	Amaro, A., Henriques, C., & Viseu, C. (2022). EU Operational Programmes Reporting: from Basics to Practices. In <i>EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy</i> (EvEUCoP 2022), Henriques, C. e Viseu, C. (Eds.), pp. 105–117, Springer.

[https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard\\_pt](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_pt) (acedido em 01 julho de 2022);

<https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Evaluation/Cohesion-policy-programme-evaluations-2015-to-date/iz3t-u7bv> (acedido em 01 julho de 2022);

[https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama\\_10r\\_2gdp](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_10r_2gdp) (acedido em 01 julho de 2022);

[https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REGION\\_ECONOM](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REGION_ECONOM) (acedido em 01 julho de 2022).

**Tabela 3.** Comunicações apresentadas em eventos internacionais

Nº	Milestone	Comunicação	Apresentador(a)	Evento
1	3	<i>Is the cohesion policy efficient in supporting the transition to a low carbon economy?</i>	Maria Gouveia	2nd International Cappadocia Scientific Research Congress, que teve lugar entre 17 e 19 de junho de 2022, em Cappadocia-Nevşehir
2	2	<i>Analysis of European funds dedicated to ICT in SMEs in Portugal</i>	Ana Amaro	2nd International Cappadocia Scientific Research Congress, que teve lugar entre 17 e 19 de junho de 2022, em Cappadocia-Nevşehir
3	3	<i>Assessing the implementation of ERDF funds dedicated to a low-carbon economy in SMEs</i>	Clara Viseu	2nd International Cappadocia Scientific Research Congress, que teve lugar entre 17 e 19 de junho de 2022, em Cappadocia-Nevşehir
4	1	<i>Assessing the implementation of ERDF funds devoted to research and innovation in SMEs</i>	Carla Henriques	2nd International Cappadocia Scientific Research Congress, que teve lugar entre 17 e 19 de junho de 2022, em Cappadocia-Nevşehir
5	3	<i>How efficient is the cohesion policy in supporting small and mid-sized enterprises in the transition to a Low-Carbon economy?</i>	Carla Henriques	17th European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis (EWEPA XVII), que decorreu nos dias 27 a 29 de junho de 2022, na Universidade Católica do Porto, Porto
6	3	<i>Assessing the application of ERDF funds devoted to a Low-Carbon Economy in SMEs</i>	Clara Viseu	EvEUCoP - Evaluating challenges in the implementation of EU Cohesion Policy, que teve lugar no dia 6 de julho, em Coimbra, na Coimbra Business School ISCAC
7	1	<i>Evaluating the implementation of structural funds dedicated to fostering innovation in SMEs</i>	Carla Henriques	EvEUCoP - Evaluating challenges in the implementation of EU Cohesion Policy, que teve lugar no dia 6 de julho, em Coimbra, na Coimbra Business School ISCAC
8	2	<i>How efficient is the implementation of structural funds committed to enhancing ICT adoption in SMEs?</i>	Ana Amaro	EvEUCoP - Evaluating challenges in the implementation of EU Cohesion Policy, que teve lugar no dia 6 de julho, em Coimbra, na Coimbra Business School ISCAC
9	3	<i>Is the cohesion policy efficient in supporting the transition to a low-carbon economy?</i>	Maria Gouveia	EvEUCoP - Evaluating challenges in the implementation of EU Cohesion Policy, que teve lugar no dia 6 de julho, em Coimbra, na Coimbra Business School ISCAC
10	1	<i>Evaluating the efficiency of implementation of ERDF funds devoted to research and innovation in SMEs</i>	Carla Henriques	9th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, ESCC 2022, que teve lugar entre 29 de agosto e 2 de setembro
11	2	<i>Efficiency analysis on the implementation of European structural funds devoted to ICT adoption in SMEs</i>	Ana Amaro	9th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, ESCC 2022, que teve lugar entre 29 de agosto e 2 de setembro
12	4	<i>vbDEA WEB APP prototype</i>	António Trigo	9th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, ESCC 2022, que teve lugar entre 29 de agosto e 2 de setembro
13	3	<i>Assessing the Implementation of Structural Funds Dedicated to a Low Carbon-Economy in SMEs</i>	Clara Viseu	9th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, ESCC 2022, que teve lugar entre 29 de agosto e 2 de setembro
14	3	<i>Is the Cohesion Policy Efficient in supporting the Transition to a Low Carbon Economy?</i>	Maria Gouveia	9th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, ESCC 2022, que teve lugar entre 29 de agosto e 2 de setembro

Ainda, no âmbito das Tarefas 3 e 4, foi realizado, no dia 6 de julho, o *Workshop EvEUCoP2022, Evaluating challenges in the implementation of EU Cohesion Policy*<sup>2</sup>. Este *Workshop* internacional contou com a participação de várias individualidades do *Joint Research Center* da CE.

Após o *Workshop* foi publicado um livro de *Proceedings* (disponibilizado em *open access*) com 12 artigos, todos sujeitos a revisão por, pelo menos, dois membros da comissão científica do *Workshop* – Tabela 4.

**Tabela 4.** Livro de *Proceedings*

Series title: Springer Proceedings in Political Science and International Relations
Book title: EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities
Book Subtitle: The 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy (EvEUCoP 2022), Coimbra, 2022
Editores: Carla Henriques e Clara Viseu
ISBN 978-3-031-18160-3

<sup>2</sup> Toda a informação sobre este evento pode ser obtida aqui: <https://adept.iscac.pt/eveucop2022> (acedido em 23 de agosto de 2022).

Após este evento foi também publicado um *Policy Brief* onde estão patentes as ações de melhoria a desenvolver, mediante as principais conclusões obtidas no *Workshop*<sup>3</sup>.

Finalmente, no que diz respeito à Tarefa 5 (Desenvolvimento da aplicação), foi criada uma página *web* em exclusivo para o projeto, que está alojada na *Coimbra Business School*/ISCAC e que pode ser consultada aqui: <https://adept.iscac.pt>. Nesta página está disponível, gratuitamente, a aplicação desenvolvida no âmbito do projeto.

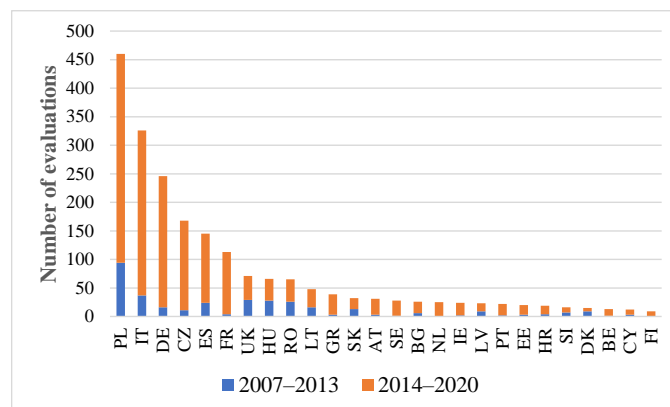
Em seguida, apresenta-se a estrutura deste relatório. Nesta Secção, faz-se uma breve exposição do âmbito e principais objetivos dos estudos desenvolvidos, das tarefas que foi necessário realizar para a sua concretização e dos *deliverables* alcançados. Na Secção 2 apresenta-se o objeto geral dos estudos desenvolvidos, fundamentando-se a seleção deste objeto. Na Secção 3 apresentam-se os principais estudos desenvolvidos neste trabalho, respeitantes à avaliação dos POs dedicados à promoção dos OTs 1, 2 e 4, fazendo referência explícita às metodologias aplicadas nos estudos, aos seus referenciais teóricos, à descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta, e aos resultados obtidos. Finalmente, na última secção deste relatório, são apresentadas as principais conclusões dos estudos apresentados, bem como as possíveis recomendações decorrentes do trabalho realizado.

## 2. ENQUADRAMENTO E CONTEXTO DO OBJETO DO ESTUDO

Desde 2015, mais de 1000 avaliações foram realizadas pelos EMs da UE, focando-se em fundos, temas e regiões distintos, monitorizando o progresso da implementação e/ou avaliando o impacto das intervenções, ambas referentes aos períodos de programação 2007-2013 e 2014-2020 (Comissão Europeia, 2021).

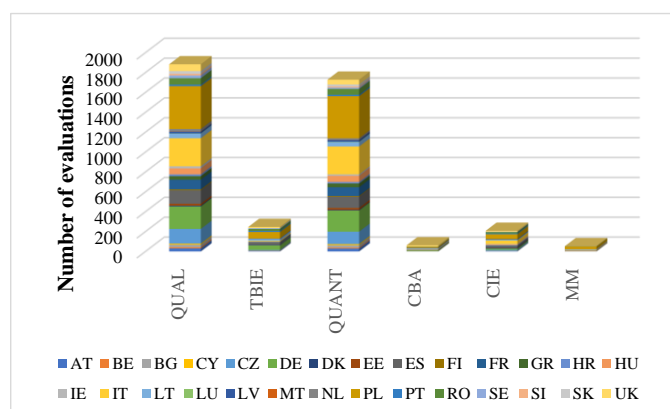
O número de avaliações efetuadas pelos EMs difere amplamente (ver Figura 1). Este é o resultado de disparidades consideráveis no montante e tipo de financiamentos ao investimento, do número de programas em cada Estado-Membro (EM), e da metodologia utilizada nos planos de avaliação (ver Figura 1). Por outro lado, enquanto alguns países preferem realizar um grande número de avaliações mais pequenas, outros preferem realizar menos avaliações, mas mais agregadas. A maioria destas avaliações centra-se em questões de implementação e avalia o progresso em relação à realização de metas, estando principalmente relacionadas com o alinhamento dos projetos e ações com os objetivos dos programas e com a eficácia e eficiência da sua implementação. Avaliam igualmente se o financiamento existente é ou não gasto e se os objetivos estabelecidos, nomeadamente os do quadro de desempenho, foram atingidos. As avaliações de impacto são realizadas mais tarde no ciclo do programa, quando a maioria das ações já ocorreu e também gerou impactos.

A distribuição de avaliações por OT é representada na Figura 2, ficando patente que a maioria das avaliações efetuadas se focam em temas sociais (OTs 8, 9 e 10), sugerindo a premência de conduzir avaliações no âmbito de outros OTs.



a) Número de avaliações

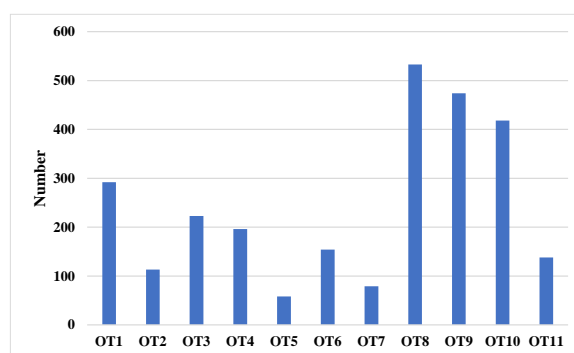
<sup>3</sup> Este documento que pode ser consultado aqui: <https://adept.iscac.pt/static/adeptprj/other/PolicyBriefADEPT.pdf> (acedido em 28 de setembro de 2022).



b) Metodologias utilizadas

Nota: TBIE — avaliação de impacto baseada em teoria; QUAL — qualitativo (outros); QUANT — quantitativo (outros); CBA — análise de custo-benefício; CIE - avaliação de impacto contrafactual; MM — modelos macro.

**Figura 1.** Avaliações realizadas e metodologias utilizadas, por país, desde 2015 respeitantes aos períodos de programação de 2007-2013 e 2014-2020<sup>4</sup>.



Nota: OT1 — Investigação, desenvolvimento tecnológico e inovação; OT2 — TICs; OT3 — Competitividade das PME; OT4 — Transição para uma EH; OT5 — Adaptação às alterações climáticas, prevenção e gestão de riscos; OT6 — Preservar e proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos; OT7 — Transportes sustentáveis e infraestruturas de rede chave; OT8 — Emprego e mobilidade laboral; OT9 — Inclusão social, combate à pobreza e a qualquer discriminação; OT10 — Educação, formação e formação profissional para competências e aprendizagem ao longo da vida; OT11 — Reforçar a capacidade institucional das autoridades públicas e das partes interessadas, e uma administração pública eficiente.

**Figura 2.** Número de avaliações respeitantes ao período de programação 2014-2020 por OT<sup>5</sup>.

Embora os EMs utilizem métodos sistemáticos nas suas avaliações dos diferentes OTs, nomeadamente, pesquisa documental, análise e monitorização dos dados, entrevistas, *workshops* facilitados, pesquisas e casos de estudo, apenas algumas avaliações (principalmente dedicadas a avaliações do impacto dos programas) consideram métodos mais robustos (como métodos estatísticos/económicos, análise *input-output* ou outras técnicas), mostrando que, apesar do compromisso dos EMs em melhorar a avaliação das políticas de coesão, ainda há espaço para melhorias, em termos das abordagens metodológicas que podem ser utilizadas, particularmente durante as fases de implementação. Por exemplo, nenhum dos relatórios de avaliação disponibilizados no *website* da CE<sup>6</sup> aplica o método DEA nas suas avaliações. Neste contexto, Athanassopoulos (1996) utilizou a metodologia DEA para examinar as desvantagens espaciais relativas das regiões de nível II da UE. Gómez-García *et al.* (2012) utilizaram as taxas de emprego e de produtividade como *outputs* e os fundos estruturais como *inputs*, bem como a abordagem paramétrica *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) e o método DEA para avaliar a eficiência técnica pura e a eficiência técnica global do Objetivo 1 na aplicação dos Fundos Estruturais nas regiões da UE de 2000 a 2006. Anderson e Stejskal (2019) usaram a abordagem DEA para avaliar a eficiência da difusão da inovação dos EMs da UE. Mais recentemente, Gouveia *et al.* (2021) usaram a metodologia *Value-Based DEA* (VBDEA) para avaliar os principais fatores responsáveis pela eficiência e ineficiência na implementação dos fundos

<sup>4</sup> Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Evaluation/Cohesion-policy-programme-evaluations-2015-to-date/iz3t-u7bv> (acedido em 26 de abril de 2022).

<sup>5</sup> Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Evaluation/Cohesion-policy-programme-evaluations-2015-to-date/iz3t-u7bv> (acedido em 19 de agosto de 2022).

<sup>6</sup> Disponível em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Evaluation/Cohesion-policy-programme-evaluations-2015-to-date/iz3t-u7bv> (acessos em 19 novembro de 2021)

estruturais dedicados ao tema da competitividade nas PMEs. Apesar da sua utilidade, pode concluir-se que, até agora, o método DEA tem sido subexplorado na avaliação das políticas de coesão europeias.

Ao realizar a avaliação da eficiência da implementação dos POs utilizando o método DEA, as AGs podem identificar os POs de referência, enquanto boas práticas, ao longo do período de programação. De facto, com base neste tipo de metodologias é possível identificar os ajustamentos que é necessário operar nos fatores de avaliação para melhorar a execução dos fundos estruturais. Outra das vantagens associadas a este tipo de metodologias é a possibilidade de efetuar uma avaliação da robustez e/ou uma análise de sensibilidade aos resultados obtidos, algo que não é habitualmente realizado neste tipo de estudos.

Adicionalmente, ao contrário de outras ferramentas e metodologias dedicadas à avaliação *ex post* ou *ex ante* da Política de Coesão, a abordagem DEA também permite avaliar a eficiência da implementação dos programas durante o período de programação, permitindo, assim, que as AGs adotem as políticas necessárias para corrigir possíveis desvios da eficiência no horizonte temporal em curso.

Na abordagem DEA, existem dois tipos de modelos: radiais e não radiais. Os modelos Charnes-Cooper-Rhodes - CCR (Charnes *et al.*, 1978) e Banker-Charnes-Cooper - BCC (Banker *et al.*, 1984) são modelos radiais, orientados (a *input* ou *output*). Estes modelos apenas contemplam variações proporcionais dos *inputs* ou *outputs*. Como resultado, os *scores* de eficiência dos modelos CCR e BCC mostram a maior taxa de redução (aumento) proporcional possível dos *inputs* (*outputs*), respetivamente, que é igual para todos os *inputs* (*outputs*). No entanto, este tipo de pressuposto não é realista no contexto das empresas. Por exemplo, se o trabalho, as matérias-primas e o capital forem *inputs*, estes poderão ter um efeito de substituição entre si, não sendo possível sofrer alterações proporcionais. Além disso, estes modelos apenas permitem considerar versões orientadas aos *inputs* ou aos *outputs*. Por conseguinte, se o modelo for orientado aos *inputs*, presume-se (de forma pouco realística) que a ineficiência associada à utilização de um determinado fator de produção (recurso) está necessariamente ligada à ineficiência relacionada com a utilização de outro *input* pela mesma UD em avaliação. Em alternativa, se o modelo for orientado para os *outputs*, presume-se que uma UD pode gerar diferentes *outputs* simultaneamente com a mesma capacidade de produção, ignorando assim que a eficiência de produção para *outputs* distintos pode ser diversificada. Como resultado, neste trabalho, empregamos modelos não orientados, nomeadamente os modelos *Slack-Based Measure* (SBM) de Tone, (2001; 2002), o modelo *Weighted Russel Directional Distance* (WRDD), explorado em Chen *et al.* (2015) e Henriques e Marcenaro (2021), e o modelo *Value-Based DEA* (VBDEA) sugerido por Gouveia *et al.* (2008; 2013). Ao contrário dos modelos CCR e BCC, estes modelos oferecem uma análise mais abrangente da eficiência porque não são radiais (presumindo-se que os *inputs* e *outputs* podem sofrer alterações não proporcionais), podendo ser não orientados. Ao contrário dos modelos radiais, que ignoram as folgas (*slacks*), estes modelos oferecem informações sobre as modificações necessárias para que os valores dos *inputs* e *outputs* de cada UD ineficiente se tornem eficientes. Além disso, estes modelos possuem certas características desejáveis, nomeadamente, a monotonicidade (a eficiência é monótona, diminuindo com o aumento de cada folga tanto nos *inputs* como nos *outputs*) e invariância em relação às unidades (o *score* de eficiência mantém-se independentemente das unidades de medida dos fatores de avaliação) (Tone, 2001; Chen *et al.*, 2015, Gouveia *et al.*, 2008).

A metodologia DEA pode ainda ser combinada com outras abordagens, nomeadamente com a análise de *clusters*, permitindo explorar o desempenho dos POs pertencentes a regiões com níveis de desenvolvimento distintos num único modelo. A sua utilização em conjunto com a abordagem paramétrica *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) permite, também, avaliar se a ineficiência na execução dos POs, se deve às práticas de gestão propriamente ditas ou ao ambiente contextual dos POs (não controlado pela gestão). A análise DEA pode ainda ser combinada com a abordagem de Apoio à Decisão Multicritério (ADM), dando origem à VBDEA. Neste caso, as UD's (os POs/países em avaliação) assumem o papel de alternativas a comparar, os *inputs* e *outputs* (indicadores utilizados para efetuar a avaliação dos programas) são convertidos em funções de valor de acordo com informação de preferências fornecida pelos decisores/*policy-makers* e a função de valor aditiva é utilizada para agregar os valores (marginais) associadas a cada alternativa, com base na Teoria de Valor Multi-Atributo (TVMA). Ao invés de deixar cada UD escolher livremente os coeficientes de ponderação associados a estas funções, podem ser incluídas no modelo as preferências dos decisores no sentido de construir restrições aos coeficientes de ponderação. Esta abordagem metodológica pode ser ainda particularmente útil (quando comparada com as abordagens tradicionais de DEA) para as AGs, uma vez que permite incorporar diferentes preocupações políticas na identificação dos programas que devem ser considerados como *benchmarks* enquanto melhores práticas. Nesse sentido, é possível compreender como esses *benchmarks* podem variar em função das prioridades políticas contempladas na análise.

Desta forma, neste trabalho, exploraremos o uso de diferentes abordagens DEA na avaliação dos OTs 1, 2 e 4, com objetivos distintos, nomeadamente as abordagens orientada e não orientada do método SBM de Tone (2001, 2002) e a metodologia *Network SBM* (Tone e Tsutsui, 2009a), combinadas com a análise de *clusters* (Cheng *et al.*, 2020), a metodologia SBM em três fases (Fried *et al.*, 2002), e a metodologia VBDEA de Gouveia *et al.* (2008, 2013). Adicionalmente, utilizaremos uma nova metodologia de avaliação proposta no âmbito deste projeto, designada por WRDD em três fases. Nas próximas Secções deste relatório, estas metodologias e os resultados dos estudos efetuados serão apresentados.



### 3. ESTUDOS

Esta secção descreve os estudos realizados no âmbito dos OTs 1, 2 e 4, correspondentes, respetivamente, à avaliação dos POs nos domínios I&I, TICs e EH, dando especial relevância à metodologia utilizada.

#### 3.1. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da I&I nas empresas

##### 3.1.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta

As PME's enfrentam diversos obstáculos práticos no que diz respeito à inovação. O acesso ao financiamento externo pode ser difícil para as PME's, especialmente quando estão em jogo projetos de elevado risco (Van de Vrande *et al.*, 2009; Romero-Martínez *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010).

A importância destas barreiras varia com a idade da empresa, dimensão do negócio, intensidade da investigação conduzida na empresa, orientação de crescimento desta (Zimmermann e Thomä, 2016), e, em muitos casos, da sua localização geográfica (Hölzl e Janger, 2014). Outras barreiras podem estar associadas à dificuldade em empregar trabalhadores altamente qualificados (Bianchi *et al.*, 2010; Dahlander e Gann, 2010; Belitz e Lejpras, 2016; Duarte *et al.*, 2017; Gardocka-Jałowiec e Wierzbicka, 2019), problemas de liderança (Zhou *et al.*, 2021), redução da capacidade de absorção (Müller *et al.*, 2021) e divergências na captura de valor (Bouncken *et al.*, 2020). No entanto, os obstáculos financeiros são efetivamente os que mais contribuem para impedir a inovação nas PME's (García-Quevedo *et al.*, 2018).

Em relação às grandes empresas, as PME's estão, em princípio, significativamente mais dependentes do apoio público à investigação e desenvolvimento (I&D) para promover a sua capacidade de I&I internamente (Czarnitzki e Hussinger, 2018). Neste contexto, as políticas públicas aumentaram a assistência financeira e não financeira às PME's em resposta aos obstáculos que estas enfrentam ao tentar inovar. O FEDER dedicou cerca de 66 mil milhões de euros de apoio financeiro para promover a inovação e a produtividade nas empresas europeias durante o período de programação 2014-2020 (Gramillano *et al.*, 2018). Concretamente, as PME's foram o núcleo da assistência financeira do FEDER às empresas. Apesar da existência de diversas publicações dedicadas à avaliação destes fundos (*vide* Henriques *et al.* (2022a)), existem ainda aspetos que carecem de especial atenção, particularmente nas fases de monitorização. Neste contexto, Ortiz e Fernandez (2022) salientam que a conceção e implementação das políticas de I&I ainda apresentam obstáculos significativos para os decisores políticos. Nas fases de monitorização e avaliação, esta situação deve-se, principalmente, à falta de dados relevantes, estudos de avaliação de *benchmarking* e falta de capacidades administrativas. Com efeito, os processos de monitorização durante o período de programação 2014-2020 colocaram uma grande ênfase na avaliação dos resultados orientados para o processo (denominados aqui "eficiência procedimental"), sem dados sobre métricas para avaliar os impactos diretos dos investimentos apoiados (Ortiz e Fernandez, 2022).

Adicionalmente, no caso das políticas de I&I, o processo de avaliação assume um papel preponderante no apoio aos países e/ou às regiões na melhoria dos instrumentos políticos futuros, permitindo avaliar os sucessos e os insucessos alcançados na fase política anterior (Neto e Santos, 2020).

Neste sentido, o objetivo do trabalho desenvolvido em Henriques *et al.* (2022a) foi avaliar a eficiência da implementação de POs no âmbito do OT1 nas PME's, tendo em conta o desempenho procedimental (*inputs*: fundos alocados; *outputs*: fundos executados, número de empresas apoiadas, número de empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado) e o potencial de geração de I&I (*inputs*: fundos executados; *outputs*: investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas, número de empresas que trabalham com instituições de investigação). Os dados utilizados referem-se ao período de programação entre 2014 e 2020. A este respeito, o nosso trabalho introduz quatro aspetos inovadores: (1) Propõe a utilização do modelo *Network SBM-DEA* em conjunto com a análise de *clusters* para avaliar 53 POs de 19 países da UE dedicados à promoção da I&I nas PME's; (2) Separa a análise da eficiência em duas fases: a eficiência procedimental, principalmente relacionada com a execução financeira dos POs, e o potencial de geração de capacidade de I&I obtido com os fundos efetivamente gastos; (3) Permite avaliar a implementação deste tipo de POs ao longo do período de programação, oferecendo informações adicionais que podem ser úteis nas fases de monitorização intermédia dos programas. (4) Contempla as diversas características regionais dos POs, segundo a mais recente categorização do desenvolvimento regional NUTS2, utilizada para alocar o FEDER para o período de programação 2014-2020. Por conseguinte, considera as regiões menos desenvolvidas (com um Produto Interno Bruto (PIB) inferior a 75% do PIB da UE), regiões de transição (PIB inferior a 90% e superior a 75% do PIB da UE) e regiões mais desenvolvidas (PIB superior a 90% do PIB da UE), categorizadas em três *clusters* distintos.

Uma vez que o trabalho realizado anteriormente não permite avaliar a influência de variáveis contextuais na avaliação da eficiência, Henriques e Viseu (2022a) avaliaram as razões subjacentes à execução ineficiente dos POs destinados a promover a I&I, especialmente nas PME's. Para esse efeito, utilizaram o modelo SBM em três fases, combinado com o modelo paramétrico SFA, que inclui uma multiplicidade de métricas financeiras e de realização (*inputs*: fundos executados; *outputs*: número de empresas apoiadas, número de empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado, investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas, número de empresas que trabalham com instituições de investigação) e fatores contextuais (PIB *per capita* corrigido pela paridade do poder de compra, percentagem de população entre os 25 a 34 anos, com ensino superior, percentagem de população entre os 25 a 64 anos, com cursos de aprendizagem ao longo da vida, montante alocado à investigação e desenvolvimento (I&D) no sector público e no sector privado, como percentagem do PIB, percentagem de PME's inovadoras em colaboração com outras entidades geradoras

de conhecimento, vendas de produtos inovadores no mercado e vendas de produtos inovadores para as empresas, como percentagem do total do volume de negócios), para avaliar 53 POs de 19 países.

Numa primeira fase, a abordagem SBM não orientada é utilizada para calcular a eficiência técnica de cada PO. Nesta fase, são obtidos dados importantes sobre os ajustamentos globais que devem ser efetuados para reduzir as disparidades entre os POs ineficientes e os respetivos POs de referência. A segunda fase consiste em aplicar o modelo SFA às variáveis de folga (*slacks*) dos POs ineficientes para ajustar os *inputs* e os *outputs* após a eliminação dos efeitos contextuais e do ruído estatístico. Nesta etapa, é possível perceber que fatores contextuais influenciam, efetivamente, a ineficiência na aplicação do FEDER em POs dedicados à promoção de I&I nas PME, bem como ter uma visão da importância das falhas de gestão. Por último, os fatores anteriormente ajustados são novamente utilizados no modelo SBM para obter novos *scores* de eficiência.

### 3.1.2. Metodologia

#### 3.1.2.1. O modelo SBM

Considere o conjunto de  $n$  de UD's dado por  $(UD_1, UD_2, \dots, UD_n)$ . Definimos as matrizes  $(m \times n)$  de *inputs* (recursos) e  $(s \times n)$  de *outputs* (resultados), respetivamente, da seguinte forma:  $X = [x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n]$  e  $Y = [y_{rj}, r = 1, 2, \dots, s, j = 1, 2, \dots, n]$ . As linhas destas matrizes para cada  $UD_k$  são  $x_k^T$  e  $y_k^T$ , para os seus *inputs* e *outputs*, respetivamente, com  $T$  a designar o transposto de um vetor.

A versão não orientada do modelo SBM, considerando Rendimentos Variáveis à Escala (RVE), corresponde a (Tone, 2001):

$$\min_{\lambda, s^-, s^+} \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ik}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{rk}}$$

$$\text{s.a. } x_{ik} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^-, i=1, \dots, m$$

$$y_{rk} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+, r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n, p=1, \dots, P,$$

$$s_i^- \geq 0, i=1, \dots, m,$$

$$s_r^+ \geq 0, r=1, \dots, s$$

onde  $s_i^-$  e  $s_r^+$  correspondem às variáveis de folga (*slacks*) dos *inputs* e *outputs*, respetivamente, e  $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$  é um vetor de intensidade.

O modelo (1) pode ser transformado no modelo (2) utilizando a transformação de Charnes-Cooper através de uma variável escalar positiva,  $t$ :

$$\min_{t, \lambda, s^-, s^+} \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ik},$$

$$\text{s.a. } t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{rk} = 1,$$

$$tx_k = X\lambda + S^-,$$

$$ty_k = Y\lambda - S^+,$$

$$\lambda \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, t > 0$$

A solução ótima do problema (2) é dada por:

$$\rho^* = \tau^*, \lambda^* = \lambda^* / t^*, s^{*-} = S^- / t^*, s^{*+} = S^+ / t^*.$$

**Definição 1.** Uma  $UD_k$  é SBM-eficiente se  $\rho^* = 1$ , i.e., se  $s^{*-} = 0$  e  $s^{*+} = 0$ .

**Definição 2.** Uma  $UD_k$  SBM-ineficiente tem um conjunto de UD's eficientes vistas como *benchmarks*, que é obtido através da escolha dos índices das UD's com  $\lambda_j^* > 0$ .

#### 3.1.2.2. O modelo Network SBM

O modelo *Network* DEA (NSBM) considera que um sistema de produção é realizado com base em processos distintos (isto é, subUD's) com ligações entre eles. Adicionalmente, esta abordagem permite avaliar o impacto da ineficiência específica em cada processo na eficiência global da UD (Tone e Tsutsui, 2009a).

Cada UD compreende  $p$  sub-processos ( $p = 1, \dots, P$ ), em que cada sub-processo utiliza *inputs* externos para gerar determinados *outputs*. Para além destes fatores externos, existem também fatores intermédios que ligam os processos. O modelo NSBM não orientado generalizado de Tone e Tsutsui (2009a), considerando RVE, pode ser dado (considerando  $m_p$  *inputs* externos e  $s_p$  *outputs* externos) da seguinte forma:



$$\min_{\lambda^p, s_i^{p-}, s_r^{p+}} \rho_k = \frac{\sum_{p=1}^P w^p (1 - \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} \frac{s_i^{p-}}{x_{ik}^p})}{\sum_{p=1}^P w^p (1 + \frac{1}{s_p} \sum_{r=1}^{s_p} \frac{s_r^{p+}}{y_{rk}^p})}$$

s.a.  $x_{ik}^p = \sum_{j=1}^n x_{ij}^p \lambda_j^p + s_i^{p-}, i=1, \dots, m_p, p=1, \dots, P,$   
 $y_{rk}^p = \sum_{j=1}^n y_{rj}^p \lambda_j^p - s_r^{p+}, r=1, \dots, s_p, p=1, \dots, P,$   
 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^p = 1, \lambda_j^p \geq 0, j=1, \dots, n, p=1, \dots, P,$   
 $\sum_{p=1}^P w^p = 1, w^p \geq 0, p=1, \dots, P,$   
 $s_i^{p-} \geq 0, i=1, \dots, m_p, p=1, \dots, P,$   
 $s_r^{p+} \geq 0, r=1, \dots, s_p, p=1, \dots, P,$

(3)

Restrições de ligação intermédia (4) ou (5),

onde  $\rho_k$  é o *score* de eficiência global da  $UD_k$ ,  $\lambda_j^p$  é o fator de intensidade relacionado com o processo  $p$ , e  $x_{ij}^p$  é o valor do *input* externo  $i$  usado pelo processo  $p$  da  $UD_j$  de tal forma que  $x_{ij}^p = \sum_{p \in P_I(i)} x_{ij}^p$ , onde  $P_I(i)$  é o conjunto de processos que usam o *input* externo  $i$  e  $y_{jr}^p$  é o valor do *output* externo  $r$  gerado pelo processo  $p$  da  $UD_j$ , de tal forma que  $y_{jr}^p = \sum_{p \in P_O(r)} y_{jr}^p$ , onde  $P_O(r)$  é o conjunto de processos que produzem o *output* externo  $r$ , e  $w^p$  é o peso relativo do processo  $p$ , obtido em função da sua importância.

As restrições de ligação intermédia podem ser representadas considerando uma ligação "livre" ou com ligação "fixa" (Tone e Tsutsui, 2009a).

No primeiro caso, os fatores de ligação são obtidos livremente (isto é, são vistos como fatores discricionários) mantendo a continuidade entre os *inputs* e *outputs*, i.e.:

$$\sum_{j=1}^n z_{qj}^{p,h} \lambda_j^p = \sum_{j=1}^n z_{qj}^{p,h} \lambda_j^h, q=1, \dots, Q \quad (4)$$

onde  $z_{qj}^{p,h}$ ,  $q=1, \dots, Q$ , é o valor dos fatores intermédios que ligam o processo  $p$  ao processo  $h$ .

Portanto, o fluxo de ligação pode expandir-se ou contrair-se na solução ótima do problema (3).

No segundo caso, os fatores de ligação permanecem com os mesmos valores (isto é, são vistos como fatores não discricionários):

$$\begin{aligned} z_{qk}^{p,h} &= \sum_{j=1}^n z_{qj}^{p,h} \lambda_j^p, q=1, \dots, Q, \forall p,h, \text{ como } \textit{outputs} \text{ de } p, \\ z_{qk}^{p,h} &= \sum_{j=1}^n z_{qj}^{p,h} \lambda_j^h, q=1, \dots, Q, \forall p,h, \text{ como } \textit{inputs} \text{ para } h. \end{aligned} \quad (5)$$

**Definição 3.** Uma  $UD_k$  é globalmente NSBM eficiente se  $\rho_k^{l*} = 1$ , onde  $\rho_k^{l*}$  é o valor ótimo do problema (3).

**Definição 4.** O *score* de eficiência de cada processo no intervalo  $[0, 1]$  é dado por:

$$\rho_p' = \frac{1 - \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} \frac{s_i^{p-*}}{x_{ik}^p}}{1 + \frac{1}{s_p} \sum_{r=1}^{s_p} \frac{s_r^{p+*}}{y_{rk}^p}}, p=1, \dots, P, \quad (6)$$

onde  $s_i^{p-*}$  e  $s_r^{p+*}$  são os valores ótimos das *slacks* do problema (3).

**Teorema 1.** Uma UD é globalmente eficiente se e somente se for eficiente em todos os processos (Tone e Tsutsui, 2009a).

O modelo (3) pode ser linearizado utilizando um método semelhante ao aplicado para converter o problema (1) num problema linear.

### 3.1.2.3. Os modelos SBM/Network SBM combinados com Análise de Clusters

O *benchmarking* com base em *clusters* é uma metodologia para agrupar um conjunto de UD's em *clusters* com base em características partilhadas. Os *clusters* podem ser obtidos aplicando uma abordagem de *clusters* (estatística), adequada ao problema em apreço, dada de forma exógena, utilizando informações de peritos ou com base na escala de eficiência (Tone e Tsutsui, 2009a).

O principal objetivo é explorar a semelhança das UD's no mesmo *cluster*, bem como a discrepância das UD's em *clusters* distintos. O rácio do *gap* tecnológico (RGT) pode ser calculado contrastando os resultados do modelo DEA que considera todos as UD's no mesmo grupo (meta-fronteira) com os resultados obtidos após o agrupamento em *clusters*. Genericamente, o RGT da  $UD_k$  é calculado da seguinte forma (Battese *et al.*, 2004):

$$RGT_k = \frac{\rho_k^{meta*}}{\rho_k^{cluster*}}, p=1, \dots, P, \quad (7)$$

onde  $\rho_k^{meta*}$  é o valor de eficiência da  $UD_k$ , de acordo com o modelo SBM não orientado, com base na meta fronteira, e  $\rho_k^{cluster*}$  é o valor de eficiência da  $UD_k$ , de acordo com o modelo SBM não orientado, com base na fronteira do *cluster*.

O RGT para cada processo pode ser obtido analogamente.

O RGT indica a distância entre o *cluster* e a meta fronteira. É aplicado para avaliar o *gap* de eficiência tecnológica da mesma UD com base em fronteiras distintas. O valor do  $RGT_k$  deve variar entre 0 e 1 (Cheng *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2020). A meta-fronteira indica o nível de eficiência subjacente a todo o grupo de UD's avaliado, enquanto a fronteira do *cluster* representa o verdadeiro nível de eficiência de cada *cluster*; quanto maior o valor de  $RGT_k$ , menor o hiato entre as duas fronteiras.

#### 3.1.2.4. O modelo SBM em três fases

Fried *et al.* (2002) propôs um modelo DEA em três fases. Na primeira fase, o modelo SBM é aplicado para calcular a eficiência técnica de cada UD e as *slacks* dos *inputs* e *outputs*. Na segunda fase são estimados modelos de regressão onde as *slacks* são as variáveis dependentes, e as variáveis contextuais são as variáveis independentes. O objetivo é eliminar a influência de fatores contextuais e do erro. A abordagem SFA é então usada para ajustar os *inputs* e *outputs* (Aigner *et al.*, 1977; Meeusen e van den Broeck, 1977).

Portanto, a *slack* de cada *input* obtido para cada UDj ( $j = 1, \dots, p$ ) ineficiente é:

$$s_{ij} = f^i(\mathbf{X}_j, \boldsymbol{\beta}^i) + v_{ij} + u_{ij}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, p, \quad (8)$$

onde  $s_{ij}$  é a *slack* do *input* i da UDj,  $f^i(\mathbf{X}_j, \boldsymbol{\beta}^i)$  é a fronteira das *slacks* e  $\boldsymbol{\beta}^i$  denota o vetor dos coeficientes associados às variáveis contextuais. A expressão  $v_{ij} + u_{ij}$  é o erro misto,  $v_{ij}$  é o ruído estatístico e  $u_{ij}$  é a ineficiência da gestão. Geralmente, presume-se que  $v_{ij} \sim N(0; \sigma_v^2)$  e  $u_{ij} \sim N^+(\mu^i; \sigma_u^2)$ , onde  $v_{ij}$  e  $u_{ij}$  são variáveis independentes.

Considere  $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$ . Se  $\gamma$  estiver próximo de 1, implica que a maioria do ajustamento necessário para alcançar a eficiência está relacionada com a ineficiência da gestão. Se  $\gamma$  estiver próximo de 0, o erro aleatório é o fator predominante. Posteriormente, as *slacks* dos *inputs* e *outputs* são ajustadas separando o erro misto. De acordo com Jondrow *et al.* (1982), a ineficiência condicional é dada por:

$$E(u_{ij}|u_{ij} + v_{ij}) = \frac{\sigma_\delta}{1 + \delta^2} \left[ \frac{\varphi\left(\frac{\varepsilon_j \delta}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{\varepsilon_j \delta}{\sigma}\right)} + \frac{\varepsilon_j \delta}{\sigma} \right], \quad (9)$$

onde  $\delta = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ ,  $\varepsilon_j = v_{ij} + u_{ij}$ ,  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ ,  $\varphi$  e  $\Phi$  são, respetivamente, as funções densidade e de distribuição da distribuição normal padrão. Assim, o valor esperado da variável  $v_{ij}$  é:

$$E(v_{ij}|u_{ij} + v_{ij}) = s_{ij} - f^i(\mathbf{X}_j, \boldsymbol{\beta}^i) - E(u_{ij}|u_{ij} + v_{ij}), \quad (10)$$

Em segundo lugar, os *inputs* e *outputs* de cada UD são ajustados de acordo com os resultados do método SFA eliminando os efeitos contextuais significativos e o erro.

De acordo com Tone e Tsutsui (2009b), começamos por utilizar as seguintes fórmulas:

$$x_{ij}^A = x_{ij} - f^i(\mathbf{X}_j, \boldsymbol{\beta}^i) - \hat{v}_{ij} \text{ (input)} \quad (11)$$

$$y_{rj}^A = y_{rj} + f^r(\mathbf{X}_j, \boldsymbol{\beta}^r) + \hat{v}_{rj} \text{ (output)}. \quad (12)$$

Os *inputs* são ajustados usando a expressão (11) como se segue (Tone e Tsutsui, 2009b):

$$x_{ij}^{AA} = \frac{x_{imax}^A - x_{imin}^A}{x_{imax}^A - x_{imin}^A} (x_{ij}^A - x_{imin}^A) + x_{imin}^A, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, p, \quad (13)$$

onde  $x_{imin}^A = \min_k \{x_{ik}^A\}$ ;  $x_{imax}^A = \max_k \{x_{ik}^A\}$ ;  $x_{imin}^A = \min_k \{x_{ik}^A\}$  e  $x_{imax}^A = \max_k \{x_{ik}^A\}$ .

Analogamente, os *outputs* são ajustados utilizando (12) (Tone and Tsutsui, 2009b):

$$y_{rj}^{AA} = \frac{y_{rmax}^A - y_{rmin}^A}{y_{rmax}^A - y_{rmin}^A} (y_{rj}^A - y_{rmin}^A) + y_{rmin}^A, \quad r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, p, \quad (14)$$

onde  $y_{rmin}^A = \min_k \{y_{rk}^A\}$ ;  $y_{rmax}^A = \max_k \{y_{rk}^A\}$ ;  $y_{rmin}^A = \min_k \{y_{rk}^A\}$  and  $y_{rmax}^A = \max_k \{y_{rk}^A\}$ .

Finalmente, os *scores* de eficiência são calculados através do modelo SBM, usando os *inputs* e *outputs* ajustados.

#### 3.1.3. Dados e pressupostos

Uma vez que o nosso estudo se centra nas empresas, em particular nas PME's (a maioria das empresas apoiadas pelo FEDER), consideraremos as dimensões de intervenção apenas relacionadas com empresas<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Categorisation/ESIF-2014-2020-categorisation-ERDF-ESF-CF-planned-/3kkx-ekfq> (accedidos em 1 de janeiro de 2022).

### 3.1.3.1. Seleção dos inputs e outputs

Os *inputs* e *outputs* considerados para efetuar a avaliação da eficiência da execução dos fundos dedicados à promoção da I&I nas PMEs foram escolhidos a partir de uma lista de indicadores comuns exigidos pela UE (Comissão Europeia, 2014)

- Tabela 5. Os dados por PO e as estatísticas descritivas destes fatores podem ser obtidos em Henriques *et al.* (2022a).

**Tabela 5.** *Inputs e outputs* selecionados para avaliar os POs dedicados a fomentar a I&I nas PMEs

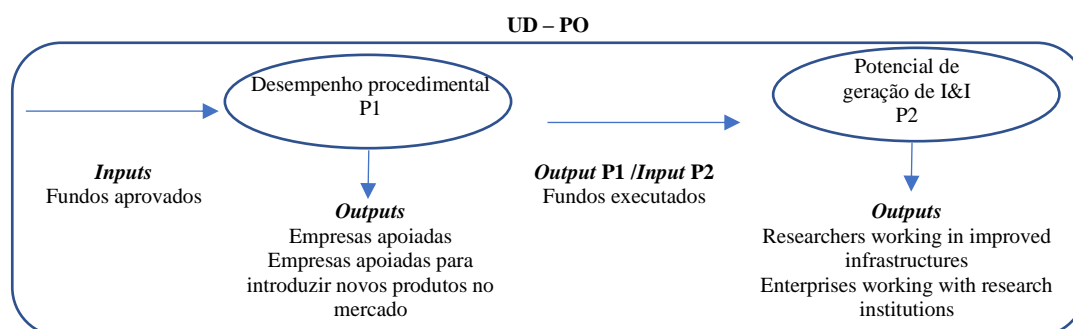
	Investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas	Empresas Apoiadas	Empresas a trabalhar com instituições de investigação	Empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado	Financiamento aprovado	Financiamento executado
<b>Descrição</b>	Número de investigadores que trabalham em infraestruturas de investigação melhoradas	Número de empresas apoiadas	Número de empresas que cooperam com instituição de investigação	Número de empresas apoiadas para introduzir produtos novos no mercado	Recursos financeiros alocados	Custos elegíveis validados
<b>Tipo de fator no modelo Network SBM</b>	Output P2	Output P1	Output P2	Output P1	Input P1	Intermediate Output P1/Input P2
<b>Tipo de fator no modelo SBM em três fases</b>	Output	Output	Output	Output	-	Input
<b>Unidade</b>	Número de investigadores equivalente a tempo completo	Número de empresas	Número de empresas	Número de empresas	Euro	Euro
<b>Fonte</b>	(b) <sup>8</sup>	(b)	(b)	(b)	(a) <sup>9</sup>	(a)
<b>Justificação</b>	Aumentar o sucesso das instituições de investigação na captação de financiamento de investigação competitiva e privada	Aumentar a transferência dos processos de I&I para processos e serviços inovadores	Aumentar a transferência de tecnologia das Instituições de Ensino Superior/Centros de I&I para as empresas Serbanica (2012); Leydesdorff e Ivanova (2016)	Aumentar a transferência dos processos de I&I para produtos inovadores com potencial de comercialização	Reflete preocupações com o ritmo de execução dos programas	Reflete preocupações com o ritmo de execução dos programas
<b>Referências bibliográficas</b>	Tybout (2000); Ramadani <i>et al.</i> (2019); Gramillano <i>et al.</i> (2020)	Gramillano <i>et al.</i> (2020)	Calignano e Trippi (2020); Gramillano <i>et al.</i> (2020)	Ramadani <i>et al.</i> (2019); Gramillano <i>et al.</i> (2020)	Bubbico e de Michelis (2011)	Hervás-Oliver <i>et al.</i> (2021); Bubbico e de Michelis (2011)
<b>Classificação</b>	Indicador de resultado	Indicador de Processo	Indicador de resultado	Indicador de Processo	Indicador Financeiro	Indicador Financeiro

Nota: P1 refere-se à eficiência procedimental e P2 ao potencial de geração de I&I.

Adicionalmente, de acordo com Gramillano *et al.* (2020), ao nível dos OTs, no período de programação 2014-2020, os indicadores comuns de I&I concentram-se em aspetos financeiros (por exemplo, recursos financeiros atribuídos), que estão sempre presentes em qualquer fase, e em aspetos processuais (por exemplo, "o número de empresas que recebem apoio"). No entanto, existem outros indicadores, designados por "indicadores de resultado reais", como o "número de investigadores a trabalhar em infraestruturas de investigação melhoradas" e as "redes criadas entre empresas e instituições de investigação que facilitam a transferência tecnológica e de conhecimentos" Gramillano *et al.* (2020). Portanto, considerámos um modelo NSBM com a estrutura dada na Figura 3.

<sup>8</sup> (a) Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Categorisation/ESIF-2014-2020-categorisation-ERDF-ESF-CF-planned-/3kkx-ekfq> (accedidos em 11 de abril de 2022).

<sup>9</sup> (b) Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020/ESIF-2014-2020-Achievement-Details/aesb-873i> (accedidos em 11 de abril de 2022).



**Figura 3.** Estrutura da rede considerada no modelo NSBM para avaliar a eficiência dos POs dedicados à I&I

### 3.1.3.2. Seleção dos fatores contextuais

Uma vez que Barbero *et al.* (2022) concluíram que a prossecução dos objetivos regionais relacionados com o OT1, no âmbito do FEDER, tem um impacto positivo em todos os indicadores económicos, incluindo no PIB, considerámos o PIB regional per *capita* corrigido pela paridade do poder de compra (PIBPPpc) como *proxy* para medir a atividade económica (Barbero *et al.*, 2022; Diukanova *et al.*, 2022).

Ainda, dado que, de acordo com Diukanova *et al.* (2022), os fundos estruturais europeus associados à promoção da I&I podem ter efeitos positivos no número de diplomados com ensino superior, considerámos a percentagem da população entre os 25 e os 34 anos, que terminou o ensino universitário, por região, como fator contextual. Considerando que Anderson e Stejskal (2019) utilizaram variáveis que se enquadram na categoria de recursos humanos (aprendizagem ao longo da vida, emprego em atividades intensivas de conhecimento), finanças (despesas em I&D do sector público, despesas em I&D do sector privado, vendas de produtos e serviços inovadores para o mercado e para as empresas) e estruturas de inovação não financeira (despesas de inovação não relacionadas com I&D) na avaliação da difusão da inovação na UE, optámos por considerar estes fatores de avaliação como variáveis contextuais. Por outro lado, na mesma linha de raciocínio, Hervás-Oliver *et al.* (2021), concluíram que a variação no desenvolvimento das regiões da UE afeta a capacidade de inovação das PME's localizadas em cada região, sendo importante incorporar as variáveis que melhor captam a inovação nas PME's (*e.g.*, atividades de inovação como despesas públicas e privadas em I&D, despesas de inovação não relacionadas com I&D, PME's inovadoras em colaboração com outras entidades).

Finalmente, uma vez que Sein e Prokop (2021) sublinham o papel-chave da I&D das empresas na inovação de produtos e na inovação dos processos empresariais, considerámos, como variáveis contextuais, as vendas de produtos e serviços inovadores no mercado e para a empresa. Todas as variáveis contextuais (excetuando o PIBPPpc, obtido a partir das estatísticas da OCDE) foram extraídas do Painel Europeu de Inovação (Hollanders, 2021), permitindo captar diferenças na inovação das PME's em todas as regiões. Todos os indicadores foram normalizados entre 0 e 1, visando produzir um indicador compósito que integra variáveis de diferentes escalas. As estatísticas descritivas das variáveis contextuais podem ser consultadas em Henriques e Viseu (2022a).

### 3.1.4. Resultados obtidos

Os resultados iniciais foram calculados com a ajuda do *software* Max DEA, versão 8 Ultra.

#### 3.1.4.1. Resultados obtidos com o modelo Network SBM

É de notar que as regiões mais desenvolvidas têm a fronteira do seu *cluster* tangente à meta-fronteira, significando que o RGT para estas regiões é de um, e, portanto, estas regiões produzem ao mesmo nível de eficiência da meta-fronteira, independentemente do processo em avaliação (Figura 4a-c). Os outros valores médios do RGT foram de 0.4 e 0.57 para a eficiência procedimental, com a situação a piorar no potencial de geração de I&I. Por exemplo, os valores do RGT obtidos para este último processo são de 0.37 e 0.33 para as regiões menos desenvolvidas e de transição, respetivamente. Estes resultados parecem confirmar o "paradoxo europeu", uma vez que os POs revelam níveis mais elevados de RGT para a eficiência procedimental do que para o desenvolvimento do potencial de geração de I&I, especificamente nas regiões menos desenvolvidas e nas regiões de transição. Este paradoxo está relacionado com a incapacidade de transformar os resultados da investigação e competências tecnológicas em inovações reais e vantagens competitivas (Radicic e Pugh, 2017). De modo semelhante, Hammadou *et al.* (2014) e Radicic e Pugh (2017) constataram que o Sistema Europeu de Inovação tem mais sucesso em fazer investigação pura, sendo principalmente motivada pelo financiamento público em I&D, do que em produzir resultados de inovação. Em resumo, existe uma "lacuna de inovação" enquanto o incentivo à inovação através do apoio público nem sempre resulta em resultados de inovação.

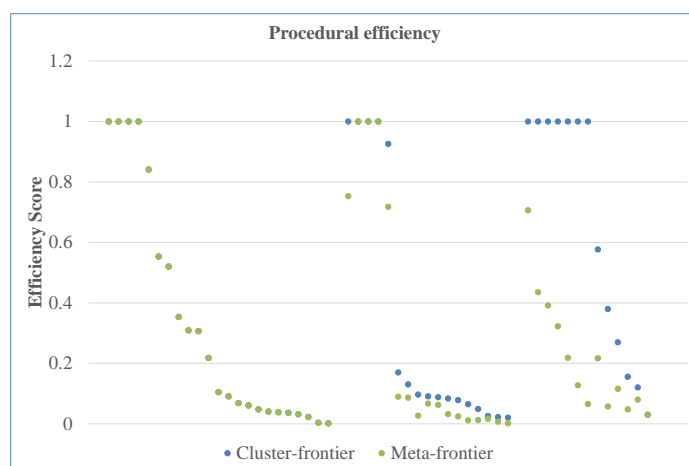
Na eficiência global, o valor do RGT é ainda mais baixo para estas regiões, com valores que variam entre 0.18 e 0.24. Estes resultados indicam a existência de um grande fosso entre as duas fronteiras, particularmente para as regiões menos desenvolvidas (quando comparada com a meta-fronteira, a fronteira do *cluster* apresenta um número de POs eficientes – *score* de eficiência igual a 1 – aumentado de 0 para 7 e de 0 para 4 para eficiências procedimentais e de potencial de geração de I&I, respetivamente - Figura 4a,b). Nas regiões de transição, a fronteira do *cluster* mostra apenas,

adicionalmente, um PO eficiente para a eficiência procedimental, obtendo quatro POs eficientes. Por outro lado, segundo a eficiência no potencial de geração de I&I, apenas três POs se tornaram adicionalmente eficientes, havendo seis POs eficientes (Figura 4a,b).

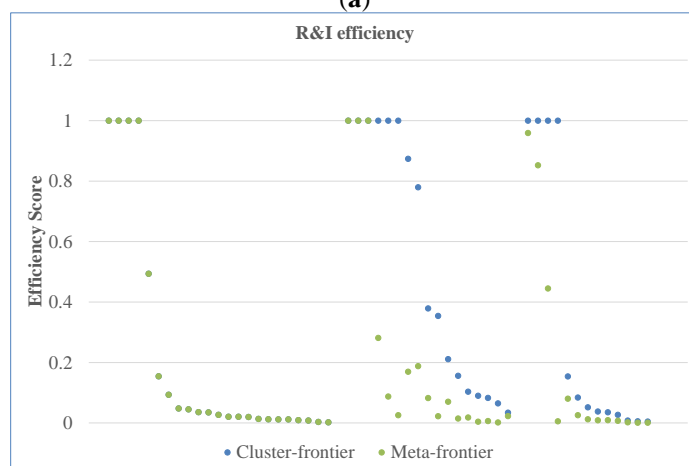
Estes resultados são fortemente influenciados pelo RGT obtido (tanto para a eficiência procedimental como para a eficiência do potencial de geração de I&I) pelos POs das regiões menos desenvolvidas. Na realidade, estes geram apenas cerca de 40% da eficiência possível dada a tecnologia disponível para a média dos POs europeus dedicados à promoção da I&I nas empresas (19 países estão representados), como se mostra na Tabela 6. No entanto, as regiões de transição obtêm, em média, 57% da eficiência potencial para a eficiência procedimental (50% dos POs têm uma eficiência potencial inferior ou igual a 69%). Contudo, apenas 33% da eficiência potencial (50% dos POs têm uma eficiência potencial inferior ou igual a 19%) é obtida para a eficiência no potencial de geração de I&I (Tabela 6).

Segundo as fronteiras dos *clusters*, foram eficientes 15 e 14 dos 53 POs em termos procedimentais e de potencial de geração de I&I, respetivamente – Figura 4a,b. No entanto, apenas 10 POs obtiveram eficiência global, indicando que apenas cerca de 19% dos POs considerados são eficientes – Figura 4c. Estes resultados mostram que a maioria dos POs avaliados apresentavam simultaneamente capacidades procedimentais e de geração de I&I ineficientes.

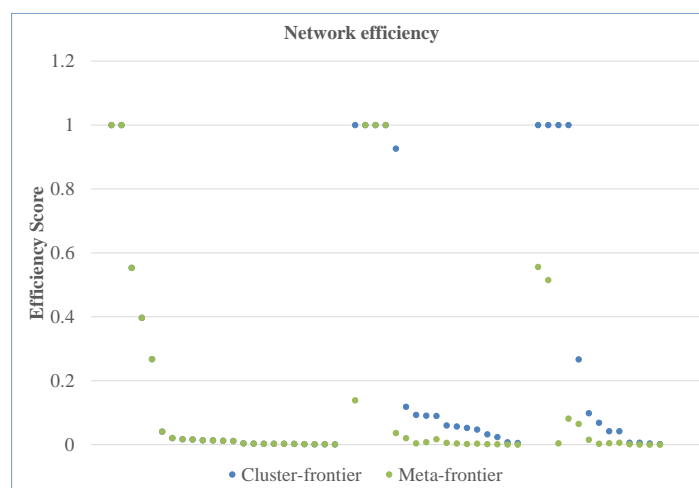
Os quatro POs mais frequentemente selecionados como *benchmark* são "Aragão" (22), "Região de Bruxelas-Capital" (19), "Fundo de Política de Coesão-EE" (19), e "Competitividade - Empreendedorismo e Inovação - GR" (18) - ver Tabela 6. Dois destes POs pertencem a regiões mais desenvolvidas, um pertence a uma região menos desenvolvida, e outro a uma região de transição. Ao cruzar estes resultados com os disponibilizados no Painel de Avaliação Regional da Inovação de 2021 (Hollanders, 2021), a região de "Bruxelas-Capital" está classificada em 14º lugar na lista dos "líderes regionais da inovação", enquanto a região de "Aragão" é vista como uma "inovadora moderada". O PO "Fundo de Política de Coesão-EE", um programa nacional, pertence a um país classificado como "inovador forte". Finalmente, o PO "Competitividade - Empreendedorismo e Inovação - GR" pertence à Grécia, um "inovador moderado".



(a)



(b)



(c)

**Figura 4.** Scores de eficiência de 53 POs na meta-fronteira e na fronteira de cada *cluster* respeitantes à eficiência procedimental (a), potencial de geração de I&I (b) e eficiência global (c). Nota: Os *scores* de eficiência são apresentados da esquerda para a direita para as regiões mais desenvolvidas, de transição e menos desenvolvidas, respetivamente.

O número de investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas mostra o maior potencial de melhoria de cerca de 481% (ou seja, deverá aumentar, em média, de 1136 para 6603 investigadores) - ver Tabela 7. Neste âmbito, as regiões mais desenvolvidas e as regiões menos desenvolvidas apresentam o maior potencial de melhoria de 881% e 393%, respetivamente. Em contraste, o menor potencial de melhoria pertence às regiões de transição (32%) - ver Tabela 7. Estes resultados são consistentes com os apresentados em (Hölzl e Janger, 2014), que concluíram que este tipo de barreira teve o maior efeito nas regiões mais desenvolvidas. Além disso, outros estudos salientam também a importância da falta de competências como obstáculo à inovação (*e.g.*, Belitz e Lejpras, 2016; Duarte *et al.*, 2017; Gardocka-Jałowiec e Wierzbicka, 2019).

O número de empresas que trabalham com instituições de investigação também apresenta um elevado potencial de melhoria (49%), particularmente para as regiões menos desenvolvidas (72%) e mais desenvolvidas (47%) - ver Tabela 7. Estes resultados sublinham a necessidade de prosseguir uma cooperação mais eficaz e eficiente com as instituições de investigação (Mascaranhas *et al.*, 2021). Globalmente, as regiões mais desenvolvidas mostram menor eficiência em termos de utilização de financiamento, uma vez que requerem uma redução de 73% e 63% dos fundos aprovados e executados, respetivamente, para se tornarem eficientes - ver Tabela 7. O número de empresas apoiadas exige melhorias, particularmente para as regiões mais desenvolvidas (57%) e as regiões de transição (23%) - ver Tabela 7. O número de empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado é o fator que requer os menores ajustamentos (entre 4 e 7%) - ver Tabela 7.

**Tabela 6.** Principais características dos POs globalmente eficientes.

DMU (Designação do PO)	Cluster (Região)	Número de vezes como <i>benchmark</i>	Investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas	Empresas Apoiadas	Empresas a trabalhar com instituições de investigação	Empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado	Financiamento aprovado	Financiamento executado	Performance em Inovação*
Aragón—ERDF	Mais desenvolvida	22	340	696	267	0	2,345,000	1,399,896	Inovador moderado
Brussels Capital Region—ERDF	Mais desenvolvida	19	18,539	145	83	65	25,935,325	6,337,597	Líder de inovação
Cohesion Policy Funding—EE— ERDF/ESF/CF	Menos Desenvolvida	19	1324	9677	1838	310	490,919,405	264,062,219	Inovador forte
Competitiveness Entrepreneurship and Innovation—GR— ERDF/ESF	Transição	18	847	340	0	0	8,175,750	817,920	Inovador moderado
England—ERDF	Transição	12	78	19,146	4169	2475	953,058,658	547,408,267	Líder de Inovação
Extremadura—ERDF	Menos Desenvolvida	13	3662	1181	1027	0	39,801,270	13,896,966	Inovador emergente
Multi-regional Spain— ERDF	Transição	2	255	562	159	0	109,131,144	42,966,355	Inovador moderado
Sicilia—ERDF	Menos Desenvolvida	3	54	189	25	0	19,355,072	8,514,315	Inovador moderado
Smart growth—PL— ERDF	Menos Desenvolvida	6	812	6633	3590	0	7,525,498,071	2,654,718,365	Inovador emergente
Wallonia—ERDF	Transição	1	110	7232	1211	131	310,322,894	147,512,404	Inovador forte

\* De acordo com o Painel Regional de Inovação de 2021 (Hollanders, 2021).



**Tabela 7.** Potencial de melhoria para os POs—Eficiência global de cada cluster.

Fator	Estatísticas	Valor Original	Projeção	Variação
Investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas	Média	1136	6603	481%
	Média (MD)	1242	12,188	881%
	Média (T)	1407	1863	32%
	Média (LD)	592	2920	393%
Empresas Apoiadas	Média	1730.00	2116.95	22%
	Média (MD)	640.00	1007.68	57%
	Média (T)	2973.00	3671.46	23%
	Média (LD)	2034.00	2046.68	1%
Empresas que trabalham com instituições de investigação	Média	452	673	49%
	Média (MD)	340	499	47%
	Média (T)	396	473	19%
	Média (LD)	722	1243	72%
Empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado	Média	192	203	6%
	Média (MD)	156	166	6%
	Média (T)	233	249	7%
	Média (LD)	202	210	4%
Financiamento aprovado	Média	394,392,646	275,299,518	-30%
	Média (MD)	117,091,229	31,951,742	-73%
	Média (T)	463,529,105	275,473,478	-41%
	Média (LD)	794,593,629.00	705,610,405.90	-11%
Financiamento executado	Média	170,821,334	117,524,353	-31%
	Média (MD)	59,557,103	22,078,911	-63%
	Média (T)	226,371,871	138,216,958	-39%
	Média (LD)	295,030,424	259,329,806	-12%

Nota: Os valores negativos referem-se a melhorias no uso excessivo dos *inputs* e os valores positivos referem-se à escassez de resultados. MD – Regiões mais desenvolvidas; T – Regiões de transição; LD – Regiões menos desenvolvidas

Assim, para fomentar a I&I nas empresas, deve dar-se especial atenção ao número de investigadores que trabalham em infra-estruturas melhoradas e ao número de empresas que trabalham com instituições de investigação. Esta situação é particularmente relevante para as regiões menos desenvolvidas e mais desenvolvidas. Além disso, as AGs deveriam canalizar o financiamento dos POs para as regiões menos desenvolvidas, uma vez que estas apresentam um melhor desempenho na execução dos programas, tanto no financiamento aprovado (-11%) como no financiamento executado (-12%) em relação às regiões mais desenvolvidas (-63%) - ver Tabela 7. Estas conclusões são consistentes com as Estratégias Inteligentes de Especialização da Comissão Europeia para 2021-2027, que identificam os principais obstáculos e as próximas medidas necessárias para promover o crescimento induzido pela inovação, particularmente nas regiões menos desenvolvidas e de transição industrial (Neto e Santos, 2020).

A análise de sensibilidade envolve a remoção de um aspecto da avaliação (neste caso, apenas os *outputs*, uma vez que há apenas um *input*) de cada vez e a avaliação do impacto da remoção de cada fator na eficiência (Hughes e Yaisawarng, 2004).

Foram considerados quatro modelos de regressão, sendo as variáveis dependentes os *scores* de eficiência obtidos com a remoção de cada fator de avaliação e a variável independente o *score* de eficiência original. O declive e o respetivo coeficiente de determinação (ou coeficiente R-quadrado) são apresentados para cada modelo. A sensibilidade da eficiência a alterações dos fatores considerados pode, assim, ser avaliada pela diferença entre o valor *um* e o declive da função de regressão, implicando que a sensibilidade da eficiência a ajustamentos nos fatores está diretamente associada a esta diferença (Hu *et al.*, 2019; Cheng *et al.*, 2020).

O fator que revela maior impacto na eficiência é o "número de empresas que trabalham com instituições de investigação", uma vez que a omissão desta variável conduz ao valor mais elevado de  $|1 - \text{declive}|$  - ver Tabela 8. O "número de empresas apoiadas" e o número de "investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas" têm um efeito análogo na eficiência. O "número de empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado" tem o menor impacto na eficiência. Em suma, estes resultados sugerem que devem ser adotadas medidas adicionais para promover a cooperação entre empresas e as instituições de investigação.

**Tabela 8.** Resultados da análise de sensibilidade.

Variáveis	Declive	1-Declive	R2	Classificação
Empresas Apoiadas	0.8825	0.1175	0.8883	Output P1
Empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado	0.9232	0.0768	0.8989	Output P1
Investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas	0.8561	0.1439	0.8141	Output P2
Empresas que trabalham com instituições de investigação	0.6253	0.3747	0.5826	Output P2

### 3.1.4.2. Resultados do modelo SBM em três fases

As *slacks* dos *outputs* obtidas com a versão não orientada do modelo SBM são as variáveis dependentes, originando quatro regressões. A multicolinearidade foi avaliada através do fator de inflação da variância (FIV), que mede a intensidade da correlação entre as variáveis independentes. Este indicador é sempre maior ou igual a 1. Quando o FIV é superior a 10, existe uma multicolinearidade significativa que precisa de ser corrigida. Assim, começámos por remover as quatro variáveis contextuais que verificam essa condição. Posteriormente, foram calculadas os valores do FIV para as restantes variáveis (consultar valores em Henriques e Viseu (2022a)). Normalmente, os valores entre 1 e 5 não são considerados relevantes (James *et al.*, 2021), mas por prudência foram recalculados os valores dos FIVs sem as variáveis "Despesas em atividades não relacionadas com a I&D" e "Despesas em inovação por trabalhador" e "Pedidos no sistema internacional de patentes". Os valores dos FIVs finais obtidos foram suficientemente pequenos para considerar não haver problemas de multicolinearidade.

Para estimar os modelos de regressão com o método SFA, foi utilizado o *software* R, versão 4.0.5, particularmente, o pacote *sfaR* versão 0.1.1 (Dakpo *et al.*, 2022). Os modelos finais de regressão são apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Resultados obtidos com o método SFA

Variáveis	Slacks			
	Investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas (1)	Empresas Apoiadas (2)	Empresas que trabalham com instituições de investigação (3)	Empresas Apoiadas para Introduzir Novos Produtos no Mercado (4)
Constante	12250.961	-34.988***	-87.114***	44.436
GDPPP <sub>pc</sub>	51.398*	0.389***	0.135**	-0.146
População com ensino superior	-	127.327***	18.427***	-8.531
Aprendizagem ao longo da vida	-16132.525***	-108.351***	-36.908	8.531
Despesas em I&D no sector público	-8009.262*	64.496***	153.145***	-6.639
Despesas em I&D no sector privado	3053.671	277.625***	-64.817*	24.805
PMEs inovadoras a colaborar com outras	5076.931	-403.234***	-36.068	31.888
Vendas de novos produtos no mercado e de novos produtos para as empresas	-	-	79.961***	-118.122
Sigma-quadrado	34977953***	2289881***	41405***	120379***
Gamma	0.003	0.99**	0.99***	0.99***
Logaritmo da função de verosimilhança	-434.469	-346.055	-259.779	-282.7234

\*, \*\* e \*\*\* significância para os níveis de 10%, 5% e 1%, respetivamente.

No modelo (1), o valor de  $\gamma$  é muito próximo de zero, pelo que o erro assume um papel preponderante nos resultados. Adicionalmente, o erro e as variáveis contextuais GDPPP<sub>pc</sub>, aprendizagem ao longo da vida e as despesas em I&D no sector público explicam praticamente toda a variação ocorrida na *slack* associada aos "Investigadores que trabalham em infra-estruturas melhoradas". Para os modelos (2), (3) e (4), os valores de  $\gamma$  são quase um e estatisticamente significativos (1%), o que significa que os problemas de gestão são a principal causa da (ineficiência técnica alcançada). As variáveis contextuais consideradas no modelo (2) têm um impacto relevante na *slack*, uma vez que todos os coeficientes de regressão associados são significativos (ao nível de 1%). Do mesmo modo, no modelo (3), encontramos variáveis estatisticamente significativas para explicar os ajustamentos necessários em "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação". Relativamente ao modelo (4), uma vez que não existem variáveis estatisticamente significativas, não são necessários valores ajustados para este resultado.

Conforme os dados da Tabela 9, um aumento do PIBPPP<sub>pc</sub> contribui para um maior ajustamento necessário dos indicadores "investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas", "empresas apoiadas" e "empresas a trabalhar com instituições

de investigação". Por um lado, em relação a estes dois últimos indicadores, estes resultados parecem sugerir que as regiões mais ricas não mostram uma melhor utilização do FEDER, visando o reforço da I&I nas PME's. Bukvić *et al.* (2021) concluíram, analogamente, que as PME's do sector das Tecnologias de Informação e Comunicação na Croácia acabaram por subutilizar o FEDER, no período de 2014-2020. Estes autores constataram que as dificuldades e o tempo necessário para apresentar, elaborar e avaliar propostas de projetos eram uma justificação plausível para estes resultados. Adicionalmente, Martinez-Cillero *et al.* (2020) relataram que os investimentos das PME's são inferiores ao que seria de esperar nos modelos económicos tradicionais, concluindo que as PME's são particularmente sensíveis à dificuldade de obtenção de financiamento. Outra explicação possível para estes resultados poderá estar relacionada com a utilização de oportunidades alternativas de financiamento. Por outro lado, no que diz respeito ao primeiro indicador, estes resultados também sublinham a necessidade de lidar com a falta de investigadores qualificados, um grande obstáculo à inovação identificado em regiões mais desenvolvidas (Hölzl e Janger, 2014).

Adicionalmente, uma maior percentagem da população com ensino superior não conduz a um número eficiente de "Empresas Apoiadas" e de "Empresas que Trabalham com Instituições de Investigação". Estes resultados podem sugerir que as instituições de ensino superior não estão a direccionar de forma adequada a formação ministrada para colmatar as necessidades reais da economia. Neste âmbito, devem ser promovidas iniciativas para aumentar a cooperação das PME's com as instituições de ensino superior, uma vez que este tipo de ligação pode ser benéfica para o ambiente de inovação (Rajalo e Vadi 2017; Kobarg *et al.*, 2018).

A aprendizagem ao longo da vida parece estar positivamente associada a um melhor desempenho do número de "Investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas" e das "Empresas apoiadas" porque está negativamente relacionada com as respetivas melhorias necessárias. Neste contexto, a grande percentagem de população envolvida em actividades de aprendizagem ao longo da vida na generalidade dos EM's da UE pode ajudar a explicar estes resultados (Anderson e Stejskal, 2019). Por outro lado, pode também concluir-se que as políticas coordenadas de aprendizagem ao longo da vida desempenham um papel fulcral na promoção da inovação e do progresso entre os EM's e as regiões.

As despesas em I&D no sector público parecem ter um contributo positivo para os ajustamentos necessários no número de "Investigadores a Trabalhar em Infraestruturas Melhoradas", com o efeito oposto no número de "Empresas Apoiadas" e nas "Empresas a Trabalhar com Instituições de Investigação". Por um lado, estes resultados realçam o efeito positivo das despesas públicas em I&D sobre a educação (ou seja, um número mais elevado de investigadores qualificados), uma vez que estes estão também ligados às despesas no sector público do ensino superior. Contudo, as duas últimas conclusões podem implicar que o aumento das despesas em I&D no sector público não é uma estratégia viável para mitigar a incapacidade das PME's em desenvolverem actividades de I&D (Hervás-Oliver *et al.*, 2021). Estes resultados podem também sugerir que as PME's da UE não têm capacidade para absorver os efeitos colaterais da I&D pública (Rodríguez-Pose e Wilkie, 2019). Adicionalmente, uma vez que as despesas de I&D no sector empresarial mostram um efeito positivo na melhoria necessária das "Empresas que trabalham com instituições de investigação" (ou seja, uma redução do ajustamento necessário para se tornarem eficientes), estes resultados parecem demonstrar a menor influência da I&D pública na inovação das PME's em comparação com as despesas em I&D no sector privado. Neste âmbito, Hervás-Oliver *et al.* (2021) obtiveram conclusões semelhantes.

No que diz respeito à percentagem de PME's inovadoras que colaboram com outras entidades, há um efeito positivo tanto no número de "Empresas Apoiadas" como nas "Empresas que Trabalham com Instituições de Investigação" (a melhoria requerida nestes dois resultados é negativa). Num contexto semelhante, Hervás-Oliver *et al.* (2021) concluíram que a colaboração das PME's com fontes externas de conhecimento (quer atores da cadeia de fornecimento e concorrentes, quer universidades ou outras fontes de investigação) está positivamente relacionada com a inovação das PME's regionais.

Por fim, as vendas de produtos inovadores, quer no mercado quer para as empresas, requerem um aumento do número de "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação". Estes resultados podem ser influenciados pelo facto de esta variável contextual não fazer distinção entre inovação incremental e radical, tendo também em consideração as inovações não tecnológicas (Apa *et al.*, 2020).

Finalmente, os fatores ajustados são introduzidos no modelo SBM, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 10, que mostram que os PO's eficientes dificilmente alteram o seu *score* médio de eficiência (o desvio padrão é o mesmo, i.e., 0.27). Acrescenta-se ainda que os valores de eficiência encontram-se no mesmo intervalo, ou seja, [1.04, 1.88], com *scores* de eficiência superiores a 1.24 para mais de 50% dos PO's eficientes. Adicionalmente, os PO's ineficientes diminuem a variabilidade dos seus *scores* de eficiência (com um desvio padrão de 0.11 contra 0.15, com mais de 50% dos PO's ineficientes com valores de eficiência ligeiramente abaixo de 0.06) e aumentam a sua eficiência média de 0.06 para 0.10 (sublinhando a importância das variáveis contextuais).

**Tabela 10.** Estatísticas descritivas dos resultados obtidos para os POs eficientes e ineficientes com fatores ajustados

	Estatísticas	Score de Eficiência	Investigadores que trabalham em infraestruturas melhoradas	Empresas Apoiadas	Empresas que trabalham com instituições de investigação	Empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado	Financiamento executado
POs eficientes	Média	1.31	3,917.39	5,436.94	1,109.54	498.40	227,352,595.60
	Mediana	1.24	336.50	1,545.00	647.00	12.00	44,310,411.50
	Desvio padrão	0.27	6,870.73	7,597.35	1,438.08	994.60	405,454,176.09
	Mínimo	1.04	77.68	0.00	0.00	0.00	817,920.00
	Máximo	1.88	18,538.90	19,250.00	4,169.00	2,475.00	1,278,171,878.00
	Contagem	10	10	10	10	10	10
POs ineficientes	Média	0.10	1,685.23	945.29	356.66	120.84	157,674,529.09
	Mediana	0.06	2,092.75	380.50	165.93	15.00	50,000,231.00
	Desvio padrão	0.11	984.28	1,784.74	638.86	197.88	405,563,908.88
	Mínimo	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	1,424,378.00
	Máximo	0.43	2,840.20	9,677.00	3,590.18	660.00	2,654,718,365.00
	Contagem	43	43	43	43	43	43

### 3.2. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção das TICs nas PMEs

#### 3.2.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta

Como salientado em Reggi e Gil-Garcia (2020), há uma falta de ênfase académica na escolha da melhor estratégia para a atribuição de financiamento no âmbito das TICs. Por outro lado, apenas foram realizados alguns estudos para avaliar se o tipo de financiamento é distribuído segundo as necessidades mais urgentes de cada região (Reggi e Scicchitano, 2014; Kleibrink *et al.*, 2015). Geralmente, o tipo de avaliações contempladas para avaliar os fundos estruturais europeus atribuídos à promoção das TICs são *ex post* (Reggi e Scicchitano, 2014; Kleibrink *et al.*, 2015), existindo estudos que forneceram avaliações *ex ante* das variáveis que afetam a atribuição de financiamento entre várias iniciativas associadas às TICs (Reggi e Gil-Garcia, 2020). No entanto, até à data, não foram elaborados estudos que contrastassem a eficiência da execução dos POs dedicados à promoção de adoção das TICs com os seus pares, ou que realcem as mudanças que devem ser implementadas para tornar um PO ineficiente em eficiente.

Como resultado, o objetivo deste estudo foi o de contribuir para a literatura, utilizando uma abordagem metodológica que permite às AGs avaliar a execução dos POs dedicados a apoiar a implementação das TICs nas PMEs utilizando metodologias não paramétricas, especificamente os modelos SBM e WRDD, em conjunto com o modelo SFA.

Em Henriques e Viseu (2022 b, c, d, e) avaliou-se a eficiência procedimental da implementação de 51 POs de 16 países da UE dedicados a apoiar as PMEs na adoção de TICs. Para este fim, foi sugerida uma nova abordagem metodológica, o modelo WRDD em três fases, que consiste em combinar o modelo WRDD com o modelo SFA, contrastada com o modelo SBM-DEA em três fases. A primeira fase desta abordagem consiste em determinar a eficiência de cada PO utilizando os modelos WRDD/SBM. Nesta etapa, são obtidas informações úteis relativamente às modificações que devem ser realizadas para reduzir a discrepância entre os POs eficientes e os ineficientes. A segunda fase consiste em aplicar o SFA às variáveis de folga (*slack*) dos POs ineficientes para ajustar os fatores de avaliação, procedendo-se à eliminação dos impactos contextuais e do erro. Nesta fase, é também viável identificar os elementos contextuais que mais poderão ter impacto na ineficiência da implementação dos POs dedicados à promoção da adoção das TICs nas PMEs, bem como a importância das falhas de gestão. Finalmente, no terceiro passo, os fatores previamente ajustados são utilizados para calcular novos *scores* de eficiência utilizando o modelo WRDD/SBM.

Os *inputs* e *outputs* escolhidos para avaliar a eficiência da execução dos fundos do FEDER dedicados a apoiar a adoção das TICs nas PMEs foram retirados de um conjunto de indicadores transversais da lista de dados de categorização dos POs do FEDER. Estes dados são recentes e abrangem o período programático 2014-2020, sendo adequados para instanciar os modelos WRDD/SBM utilizados. Os dados respeitantes às TICs a nível regional e empresarial foram recolhidos a partir do Painel Regional de Inovação em 2021.

Por um lado, não existem estudos disponíveis que abordem especificamente a avaliação dos fundos alocados aos POs que pretendem fomentar a adoção das TICs pelas PMEs. Por outro lado, a maioria das metodologias utilizadas para avaliar os fundos Europeus no contexto das TICs referem-se a avaliações *ex post* ou *ex ante*. Neste contexto, a abordagem não paramétrica utilizada permite avaliar os POs durante todo o período programático. Com a utilização deste tipo de abordagem, é possível identificar as políticas necessárias para atingir a eficiência no período em análise. Além disso, a abordagem DEA poderá dar uma ajuda genuína na conceção de futuros mecanismos de política de coesão, uma vez que

permite clarificar os principais sucessos e insucessos das fases programáticas anteriores, fornecendo também dados sobre a forma de resolver os problemas identificados.

### 3.2.2. Metodologia

#### 3.2.2.1. O modelo WRDD

O modelo WRDD é um modelo não radial que possibilita a atribuição de pesos distintos aos fatores de avaliação, de acordo com as preferências do decisor (Chen *et al.*, 2015). Este modelo, na versão não orientada possui a seguinte formulação (Chen *et al.*, 2015):

$$\begin{aligned} \max \beta_o^R &= \max (w_y(\sum_r \varpi_{yr}^r \alpha_o^r) + w_x(\sum_i \varpi_{xi}^i \zeta_o^i)) \\ \text{s.a. } \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{ro} + \alpha_o^r g_{yr}, r = 1, \dots, s, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io} - \zeta_o^i g_{xi}, i = 1, \dots, m, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1, \\ \lambda_j &\geq 0 (\forall_j), \end{aligned} \quad (15)$$

onde os vetores dos *inputs* e *outputs* da UD<sub>0</sub> são representados por  $x_o$  e  $y_o$ , respetivamente. As variáveis  $\zeta_o^i$  e  $\alpha_o^r$  retratam as medidas de ineficiência individuais para cada *input* e *output*, respetivamente. Todas as variáveis, com a exceção de  $\beta_o$ , são não-negativas. Quanto aos valores de  $w_y$  e  $w_x$ , estes correspondem à importância global dada aos *outputs* e *inputs*, devendo o seu somatório perfazer o valor de um. No entanto, podem ainda ser atribuídas diferentes prioridades aos fatores de avaliação individualmente, isto é:  $\sum_r \varpi_{yr}^r = 1$ ,  $\sum_i \varpi_{xi}^i = 1$ . Finalmente, os valores  $g_{yr}$  e  $g_{xi}$  correspondem aos vetores direcionais, coincidindo, no caso presente, com os valores originais dos *outputs* e *inputs*, respetivamente.

Relativamente à medida de ineficiência, quando este indicador apresenta o valor de zero ( $\beta_o^R = 0$ ), a UD em questão é eficiente.

A medida de ineficiência obtida a partir do modelo WRDDM pode ser transformada numa medida baseada em variáveis *slack* através da seguinte transformação:

$$\begin{aligned} \max (w_y(\sum_r \varpi_{yr}^r \frac{s_{yr}^{+'}}{g_{yr}}) + w_x(\sum_i \varpi_{xi}^i \frac{s_{xi}^{-'}}{g_{xi}})) \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &= y_{ro} + s_{yr}^{+'}, r = 1, \dots, s, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &= x_{io} - s_{xi}^{-'}, i = 1, \dots, m, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{uj} &= z_{uo} - s_{uj}^{-'}, u = 1, \dots, q, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \\ s_{yr}^{+'} &\geq 0 (\forall_r), s_{xi}^{-'} \geq 0 (\forall_i), s_{uj}^{-'} \geq 0 (\forall_u) \end{aligned} \quad (16)$$

Dado que as variáveis *slack* podem ser distintas, a função objetivo dada em (9) reproduz todas as ineficiências, permitindo obter o aumento a a redução máximas de todos os *outputs* e *inputs*, respetivamente.

Seja ( $s_{yr}^{+*}$ ,  $s_{xi}^{-*}$ ,  $s_{uj}^{-*}$ ,  $\lambda_j^*$ ) a solução ótima do problema (16). Então, a medida global de ineficiência obtida a partir do método WRDDM é dada por:

$$(w_y(\sum_r \alpha_o^{r*}) + w_x(\sum_i \zeta_o^{i*})), \text{ onde } \alpha_o^{r*} = \varpi_{yr}^r \frac{s_{yr}^{+*}}{g_{yr}} \text{ e } \zeta_o^{i*} = \varpi_{xi}^i \frac{s_{xi}^{-*}}{g_{xi}}. \quad (17)$$

A análise de robustez do modelo foi conduzida com base em Henriques e Marcenaro (2021) – *vide* Henriques e Viseu (2022b).

#### 3.2.2.2. O modelo WRDD em três fases

Na primeira fase, analogamente ao método de três fases de Fried *et al.* (2002), as *slacks* são calculadas através do modelo (16). Na segunda fase, os *inputs* e *outputs* de cada UD são ajustados de acordo com os resultados da metodologia SFA, tendo-se eliminado os efeitos das variáveis contextuais e do ruído estatístico.

Os *inputs* são então ajustadas tendo em conta a seguinte fórmula (Fried *et al.*, 2002) – ver Secção 3.1.2.4:

$$x_{ij}^A = x_{ij} + \left[ \max_i \{f(Z_j, \beta^i)\} - f(Z_j, \beta^i) \right] + \left[ \max_j \{v_{ij}\} - v_{ij} \right], i = 1, \dots, m. \quad (18)$$

O *output* ajustado obtém-se de acordo com a seguinte fórmula (Avkran e Rowlands, 2008):

$$y_{rj}^A = y_{rj} + \left[ f(Z_j, \beta^r) - \min_r \{f(Z_j, \beta^r)\} \right] + \left[ v_{rj} - \min_r \{v_{rj}\} \right], r = 1, \dots, s. \quad (19)$$



### 3.2.3. Dados e pressupostos

#### 3.2.3.1. Seleção dos inputs e outputs

Os indicadores utilizados para medir a eficiência dos POs dedicados a promover a adoção das TICs nas PMEs foram escolhidos a partir de um conjunto de métricas disponibilizadas no *website* da CE<sup>10</sup>.

A Tabela 11 apresenta as estatísticas descritivas dos indicadores selecionados para efetuar a avaliação da eficiência dos POs na primeira fase, considerando especificamente as dimensões de intervenção associadas às PMEs. Os dados utilizados podem ser consultados na íntegra em Henriques e Viseu (2022b,c).

**Tabela 11.** Estatísticas descritivas dos inputs e outputs

Estatísticas	Financiamento executado	Número de operações	Financiamento aprovado
Média	15,861,300	409	28,169,468
Desvio padrão	38,520,025	1,068	63,497,428
Mínimo	68,486	1	251,294
Máximo	237,904,467	5,457	311,154,920
Contagem	51	51	51

Fonte: Cálculos dos autores com base em dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Categorisation/ESIF-2014-2020-categorisation-ERDF-ESF-CF-planned-/3kx-ekfq> (Accessed 30th March 20 (accedidos em 30 de Março de 2022))

#### 3.2.3.2. Seleção dos fatores contextuais

Utilizámos o PIB regional em paridade de poder de compra *per capita* (GDPPP<sub>pc</sub>) como variável exógena (Billon *et al.*, 2016, 2017; Reggi e Gil-Garcia, 2020), uma vez que esta variável apresentou uma forte associação favorável com a implementação das TICs em estudos anteriores (*e.g.*, Neokosmidis *et al.*, 2015).

Adicionalmente, utilizámos como variável contextual a proporção da população com idades compreendidas entre os 25 e os 34 anos que completou o ensino superior, uma vez que tem havido evidência de uma associação positiva entre o sucesso escolar e a utilização das TICs (Billon *et al.*, 2016, 2017). Por um lado, mais qualificações académicas permitem, em geral, sustentar as competências necessárias para utilizar e beneficiar da utilização das TICs. Por outro lado, espera-se que os trabalhadores com mais formação se familiarizem mais facilmente com as TICs (Billon *et al.*, 2017).

Uma vez que foi reconhecido que a disseminação das TICs nas regiões da UE está positivamente relacionada com as despesas em Investigação e Desenvolvimento (I&D) (Billon *et al.*, 2016, 2017; Giotopoulos *et al.*, 2017), considerámos as despesas em I&D nas empresas como percentagem do PIB e o número de PMEs que tentam trazer novos produtos para o mercado como percentagem de todas as PMEs, como potenciais fatores explicativos da adoção das TICs.

Considerámos ainda o número de trabalhadores com competências digitais básicas, como proporção do total de trabalhadores das PMEs, uma vez que este é um elemento da inovação que pode influenciar o utilizador e a aceitação das TICs (Giotopoulos *et al.*, 2017). Finalmente, foi também utilizada a percentagem de especialistas em TICs como percentagem da mão de obra global das PMEs, ou seja, trabalhadores cuja ocupação principal está associada às TICs e que podem gerir uma grande variedade de funções ligadas à informática (Ruiz-Rodríguez, 2018).

Na Tabela 12 são disponibilizadas as estatísticas descritivas para os dados normalizados, que variam entre 0 e 1, com exceção do GDPPP<sub>pc</sub>, transformado em número índice.

**Tabela 12.** Estatísticas descritivas dos fatores contextuais.

Fatores Ambientais	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
População com ensino superior	0.5767	0.1916	0.1156	1
Competências digitais	0.5359	0.1949	0.2814	0.9318
Despesas em I&D nas empresas	0.3105	0.2101	0.0215	0.8024
Especialistas em TIC	0.4018	0.2527	0.0470	1
Inovadores de processos/produtos	0.5529	0.2511	0.1767	1
PIBPP <sub>pc</sub>	87.72	23.9315	49.09	178.30

Fonte: Dados relativos ao PIBPP<sub>pc</sub> disponíveis em: [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REGION\\_ECONOM](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REGION_ECONOM) (accedidos em 30 de Março de 2022). Dados para as restantes variáveis disponíveis em: [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard\\_pt](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_pt) (accedidos em 30 de Março de 2022).

#### 3.2.4. Resultados obtidos

Os resultados do modelo SBM foram obtidos com recurso ao *software* Max DEA, enquanto para o modelo WRDD foram obtidos através de uma aplicação baseada no *Excel-Visual Basic* criada pelos autores para resolver os modelos DEA que utiliza o *Solver* do *Excel* como *backend*. As estatísticas descritivas para ambos os modelos são apresentadas na Tabela 13.

<sup>10</sup> Disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020-Categorisation/ESIF-2014-2020-categorisation-ERDF-ESF-CF-planned-/3kx-ekfq> (accedidos em 30 de Março de 2022).

**Tabela 13.** Estatísticas descritivas dos resultados obtidos com os modelos SBM e WRDD

SBM	Estatísticas	Eficiência	Financiamentoe executado	Número de Operações	Fiannciamento aprovado
DMUs eficientes	Média	1.20	46,026,233.00	1310.40	75,514,839.90
	Mediana	1.16	9,217,730.00	339.50	9,633,113.00
	Desvio padrão	0.23	74,818,282.11	2108.72	118,719,405.31
	Mínimo	1.00	329,249.00	1.00	251,294.00
	Máximo	1.71	237,904,467.00	5457.00	311,154,920.00
DMUs ineficientes	Contagem	10	10	10	10
	Média	0.20	8,503,999.66	189.54	16,621,815.98
	Mediana	0.06	1,963,414.00	14.00	4,901,930.00
	Desvio padrão	0.25	17,671,362.04	415.58	34,228,777.84
	Mínimo	0.00	68,486.00	1.00	373,794.00
	Máximo	0.96	102,175,668.00	2184.00	202,847,237.00
	Contagem	41	41	41	41
WRDD	Estatísticas	Eficiência	Financiamentoe executado	Número de Operações	Fiannciamento aprovado
DMUs eficientes	Média	1.09	46,026,233.00	1310.40	75,514,839.90
	Mediana	1.07	9,217,730.00	339.50	9,633,113.00
	Desvio padrão	0.10	74,818,282.11	2108.72	118,719,405.31
	Mínimo	1.00	329,249.00	1.00	251,294.00
	Máximo	1.31	237,904,467.00	5457.00	311,154,920.00
DMUs ineficientes	Contagem	10	10	10	10
	Média	-17.54	8,503,999.66	189.54	16,621,815.98
	Mediana	-6.21	1,963,414.00	14.00	4,901,930.00
	Desvio padrão	35.48	17,671,362.04	415.58	34,228,777.84
	Mínimo	-205.37	68,486.00	1.00	373,794.00
	Máximo	0.98	102,175,668.00	2184.00	202,847,237.00
	Contagem	41	41	41	41

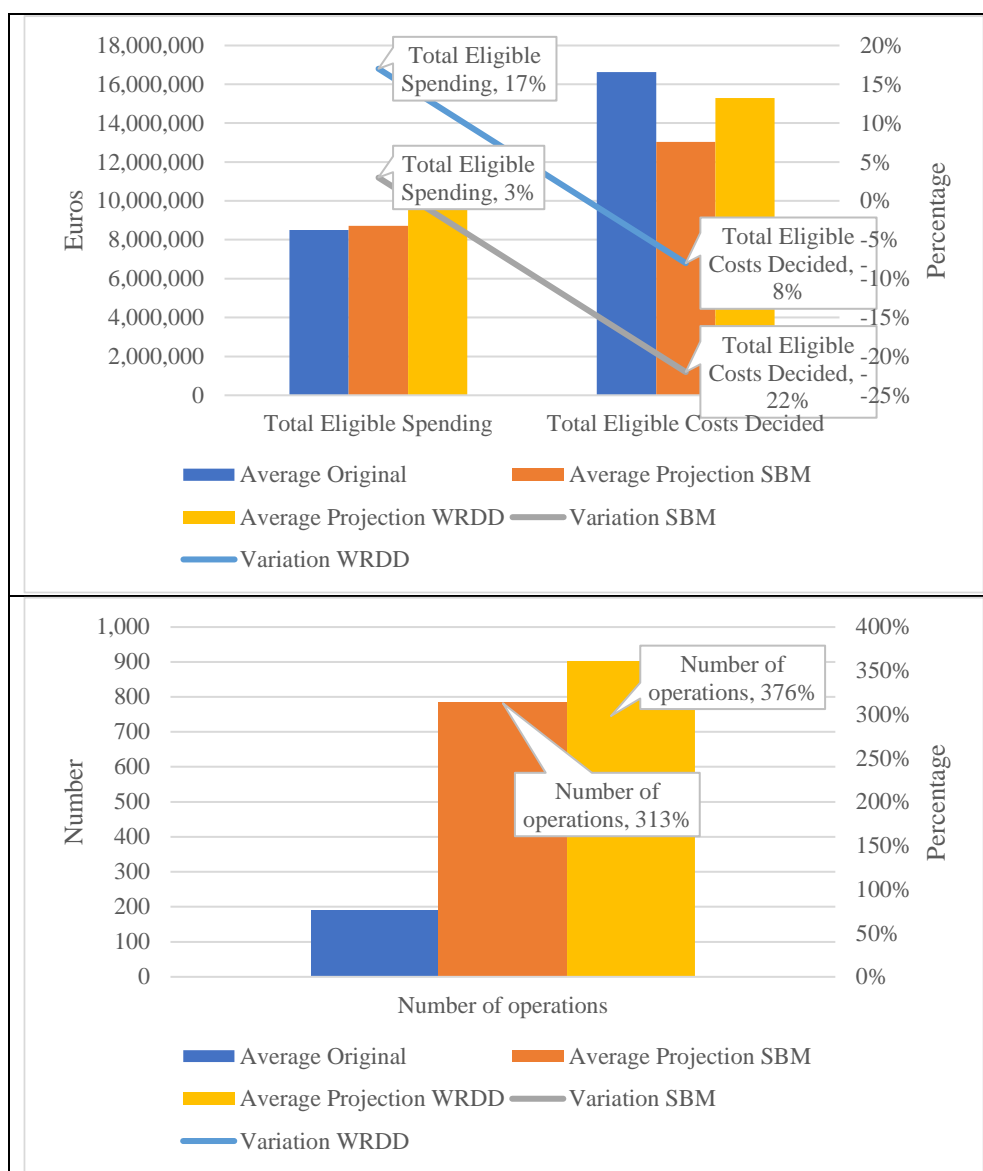
A Tabela 13 mostra que os POs eficientes têm *scores* médios de eficiência muito superiores aos dos POs ineficientes. As gamas dos *scores* de eficiência para os POs ineficientes apresentam uma grande amplitude, particularmente no modelo WRDD, que vão de -205.37 a 0.98, em relação aos do modelo SBM que vão de 0 a 0.96. Neste contexto, refere-se que o modelo WRDD possui uma função objectivo aditiva ponderada (que pondera a ineficiência percentual média dos *inputs* e *outputs*) cujo *score* de ineficiência pode ser superior a um (significando que pode ser necessário um aumento superior a 100% nos *outputs* para atingir a eficiência), e, assim, os *scores* de eficiência inerentes ( $1 - \beta_k^R$ ) podem ser negativos.

Os quatro POs eleitos mais vezes como referência de melhores práticas são "Extremadura - FEDER" (27 e 29 vezes, com os modelos SBM e WRDD, respectivamente), "País Vasco - FEDER" (26 e 24 vezes, com os modelos SBM e WRDD, respectivamente), "Provence-Alpes-Côte d'Azur - FEDER/ESF/YEI" (20 com ambos os modelos) e "Espanha multi-regional - FEDER" (14 e 21, com os modelos SBM e WRDD, respectivamente). Cada uma destas regiões está localizada em EMs que se encontram entre os maiores apoiantes das TICs (Pellegrin *et al.*, 2018). Efetivamente, os resultados dos POs regionais espanhóis são concordantes com os obtidos em Ruiz-Rodríguez *et al.* (2018). Para estes autores, as regiões espanholas têm um grau intermédio ou maior de inovação digital do que os seus pares da UE, bem como uma menor disparidade na digitalização de empresas do que a generalidade dos EMs.

Os modelos SBM e WRDD fornecem informações sobre as alterações que é necessário operar ao nível dos *inputs* e *outputs* para que os POs ineficientes se tornem eficientes (Figura 5).

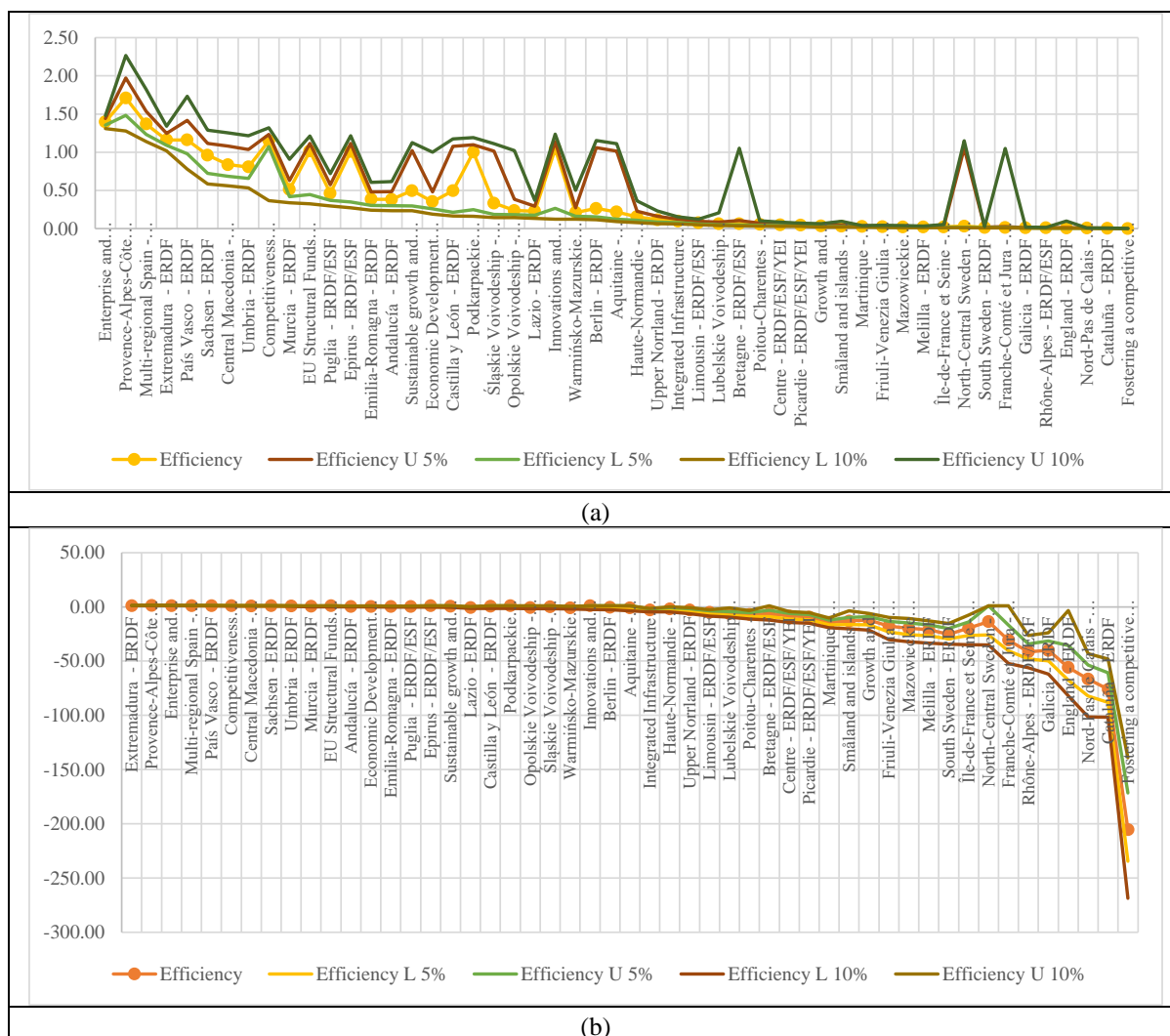
O "número de operações apoiadas" (*number of operations*) tem o maior potencial de melhoria em ambos os modelos (313% e 376%, nos modelos SBM e WRDD, respectivamente), enquanto que o "financiamento aprovado" (*total eligible costs decided*) necessita de uma maior diminuição com o modelo SBM (-22% contra -5% com o modelo WRDD) e o "financiamento executado" (*total eligible spending*) necessita de menores alterações neste mesmo modelo (2% contra 17% no modelo WRDD) - ver Figura 5.





**Figura 5.** Potencial de melhoria dos fatores calculados com base nos modelos SBM e WRDD

De acordo com a Figura 6, podemos concluir que apenas quatro POs mantêm a eficiência para ambos os cenários, i.e., com e sem ajustamento dos fatores, em particular: "Empresas e Inovação para a Competitividade - CZ - ERDF", "Provence-Alpes-Côte d'Azur - ERDF/ESF/YEI", "Multi-regional Spain - ERDF", e "Extremadura - ERDF". Enquanto no modelo WRDD 41% dos POs são robustamente ineficientes, no modelo SBM este valor sobe para 55%. Em última análise, estes dados indicam uma fraca utilização do FEDER na promoção da adoção das TICs pelas PMEs.



**Figura 6.** Análise de robustez por PO nos modelos SBM (a) e WRDD (b). Nota: *Efficiency L(U)* designa o limite inferior (superior) do *score* de eficiência para perturbações de 5% e 10% dos fatores de avaliação.

Os resultados obtidos com o método SFA para ambos os modelos são apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14.** Resultados obtidos com o método SFA para ambos os modelos

Variáveis	Slacks SBM		Slacks WRDD	
	Financiamento executado	Número de Operações	Financiamento executado	Número de Operações
Constante	-242050***	237.20***	-696940***	248.61***
População com Ensino superior	-890650***	-	-4007800***	-
Competências digitais	-890970***	195.99***	-3279600***	205.16***
Especialistas em TICs	1417700***	135.17***	6634300***	143.90***
Inovadores de processos e de produtos	-	-73.17***	-3805600***	-83.38***
PIBPP <sub>pc</sub>	1286***	-3.39***	15499***	-3.52***
Sigma-quadrado	8.91E+11***	8.11E+05***	2.85E+13***	1.08E+06***
Gama	0.98**	0.99**	0.97**	0.99**
Logaritmo da função de verosimilhança	-593.83	-308.67	-672.65	-331.54

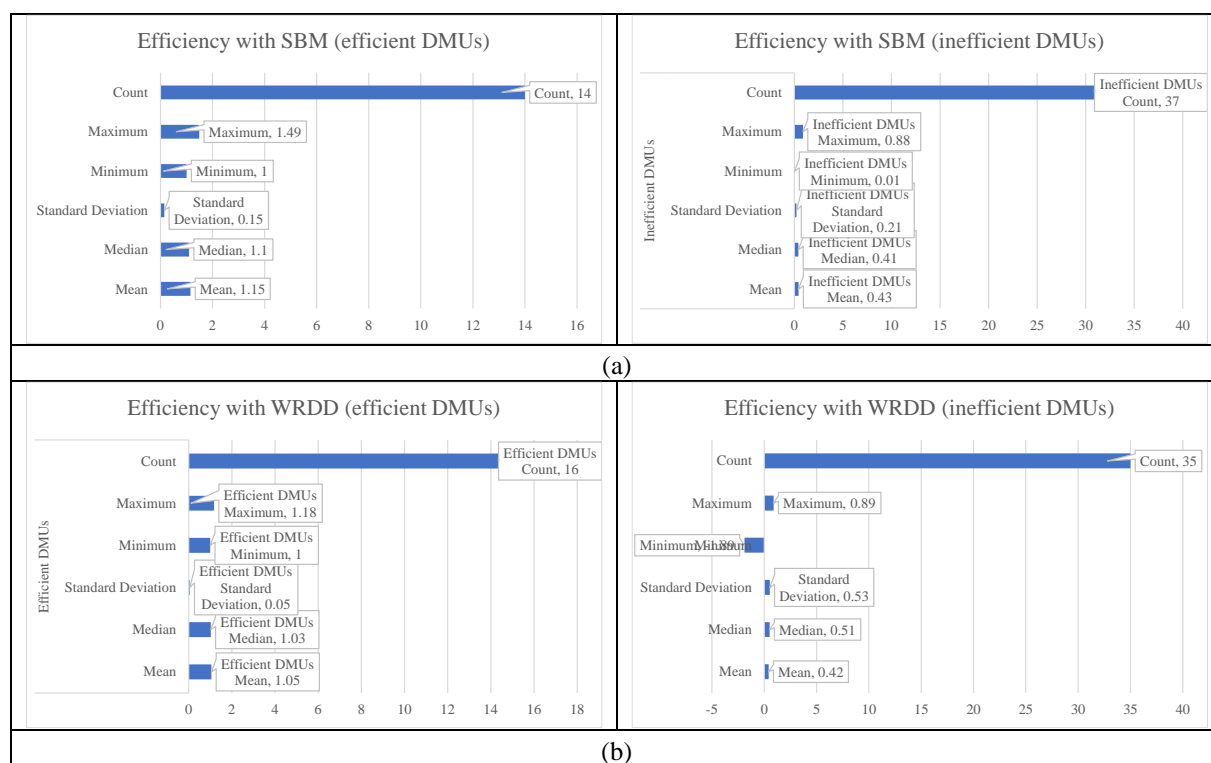
\*\*\* Nível de significância ao nível de 1%.

Os resultados de  $\gamma$  em ambos os modelos são próximos de um e estatisticamente significativos (1%), indicando que as práticas de gestão foram a principal razão inerente aos resultados de ineficiência alcançados. Utilizámos o modelo SFA para excluir os efeitos de factores contextuais e do erro, de modo a calcular estimativas de eficiência não enviesadas. Os coeficientes de regressão são todos significativos (1%), mostrando que as variáveis contextuais têm um efeito substancial sobre as *slacks*.

Um crescimento tanto na proporção de especialistas em TICs como no PIBPPpc, de acordo com a Tabela 14, contribui para a necessidade de um aumento significativo do "financiamento executado", enquanto os restantes factores implicam um menor aumento deste fator. Estes resultados mostram que as regiões mais desenvolvidas e um maior número de profissionais em TICs não conduzem a uma taxa mais elevada de execução do FEDER destinado a promover a adoção das TICs nas PME. De facto, Bukvić *et al.* (2021) identificaram uma subutilização do FEDER pelas PME croatas no sector das TICs entre 2014 e 2020. Estes autores concluíram que as dificuldades e o tempo necessário para elaborar, conceber e avaliar as candidaturas poderiam ajudar a explicar estes resultados.

A necessidade de aumentar o "número de operações apoiadas" tende a aumentar com o aumento do número de trabalhadores com competências digitais e com o número de especialistas em TICs, mas diminui com o aumento da percentagem de PME que apostam em produtos inovadores e com o aumento do PIBPPpc. Estes dados demonstram que uma elevada proporção de trabalhadores com competências em TICs não conduz a um "número de operações apoiadas" eficiente. As regiões mais desenvolvidas e uma maior percentagem de PME ligadas à inovação de processos, por outro lado, podem nem sempre precisar de se candidatar a mais iniciativas do FEDER, uma vez que são mais eficientes na obtenção de financiamento.

A Figura 7 mostra que os POs eficientes reduziram a sua variabilidade em termos de desempenho (o desvio padrão é agora de 0.15 e 0.05 contra 0.23 e 0.10 nos modelos SBM e WRDD, respectivamente). Por outro lado, os POs ineficientes aumentam significativamente a sua eficiência (sublinhando a importância dos factores contextuais).



**Figura 7.** Estatísticas descritivas dos resultados com fatores ajustados nos modelos SBM (a) e WRDD (b)

A Figura 7 mostra que cerca de 27 e 31 por cento dos POs atingiram eficiência procedimental com os modelos SBM e WRDD, respectivamente, em relação aos 20 por cento anteriores, ou seja, 10 em 51.

"Berlin - ERDF", "Haute-Normandie - ERDF/ESF/YEI", "Central Macedonia - ERDF/ESF", "Puglia - ERDF/ESF", "Melilla - ERDF", "Umbria - ERDF", "Sachsen - ERDF", "Upper Norrland - ERDF" tornam-se todos eficientes de acordo com os dois modelos, enquanto o OP "País Vasco - ERDF" se torna ineficiente. Estes resultados indicam que a ineficiência destes POs foi principalmente influenciada pelos seus factores contextuais.

Na Tabela 15 é visível que "Espanha Multi-regional - FEDER" é o PO eficiente mais imune ao tipo de modelo utilizado e aos ajustamentos considerados, estando classificado em 3º lugar de acordo com ambos os modelos, quer se utilizem os valores dos factores ajustados ou não. Os POs "Macedónia Central - FEDER/ESF" (25 - SBM e 12 - WRDD), "Berlim -

FEDER" (18 - SBM e 10 - WRDD), "Apúlia - FEDER/ESF" (10 - SBM e 2 - WRDD) e "Espanha multirregional - FEDER" (9 - SBM e 18 - WRDD) são os 4 primeiros mais vezes selecionados como referência de melhores práticas - ver Tabela 15.

O PO "Espanha Multi-regional - ERDF", colocado em 3º lugar no *ranking* de eficiência em ambos os modelos, serve como referência de melhores práticas, independentemente do modelo e da eliminação dos factores contextuais. Adicionalmente, dois dos POs que mantêm a sua eficiência apesar da remoção dos factores contextuais e do modelo utilizado são de Espanha. Vale a pena salientar que os EMs do Sul, Centro e Leste da UE foram os principais recetores de apoio à adoção das TICs e de ajuda à economia digital (Pellegrin *et al.*, 2018). Com efeito, esta situação regista-se especialmente nos países com POs eficientes, tais como Espanha, Grécia, Bulgária e República Checa (Pellegrin *et al.*, 2018).

**Tabela 15.** Características dos POs eficientes com e sem fatores ajustados de acordo com ambos os modelos

PO	Nº de vezes como Benchmark com fatores ajustados - SBM	Nº de vezes como Benchmark sem fatores ajustados - SBM	Ordenação com fatores ajustados - SBM	Ordenação sem fatores ajustados - SBM	Nº de vezes como Benchmark com fatores ajustados - WRDD	Nº de vezes como Benchmark sem fatores ajustados - WRDD	Ordenação com fatores ajustados - WRDD	Ordenação sem fatores ajustados - WRDD
Central Macedonia – ERDF/ESF	25	0	7	12	12	0	15	12
Berlin – ERDF	18	0	4	22	10	0	6	22
Puglia - ERDF/ESF	10	0	9	17	2	0	9	18
Multi-regional Spain – ERDF	9	14	3	3	18	21	3	4
Innovations and Competitiveness – BG – ERDF	7	4	10	7	0	5	43	7
Sachsen – ERDF	6	0	13	11	6	0	14	11
Haute-Normandie – ERDF/ESF/YEI	4	0	6	27	1	0	4	27
Umbria – ERDF	4	0	12	13	25	0	10	13
Extremadura - ERDF	2	27	8	5	5	29	1	2
Enterprise and Innovation for Competitiveness – CZ – ERDF	1	1	2	2	2	1	2	3
Provence-Alpes-Côte d'Azur – ERDF/ESF/YEI	0	20	1	1	0	20	16	1
Entrepreneurship and Innovation – GR – ERDF/ESF	0	0	5	6	0	0	5	6
Melilla - ERDF	0	0	11	43	0	0	12	43
Upper Norrland – ERDF	0	0	14	28	0	0	7	29
País Vasco - ERDF	0	0	15	4	0	24	19	5
Friuli-Venezia Giulia - ERDF	0	0	17	15	0	0	11	40
Sustainable growth and jobs - FI - ERDF/ESF	0	0	17	15	3	0	13	15
Île-de-France et Seine - ESF/ERDF/YEI	0	0	51	41	0	0	8	41

### 3.3. Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da EH

#### 3.3.1. Descrição dos problemas ou desafios a que os estudos visam dar resposta

A promoção de uma EH tem sido o foco da atenção dos decisores políticos, sendo vista como um mecanismo para alcançar a prosperidade garantindo o cumprimento dos objetivos ambientais. O conceito de EH está associado aos investimentos na descarbonização para quebrar o elo histórico entre crescimento económico e emissões de gases com efeito de estufa - GEE (Hanna e Victor, 2020). Reconhecendo a importância de uma EH, os EMs da UE afetaram cerca de 60 mil milhões

de euros dos fundos europeus estruturais e de investimento (FEEI) no investimento em EH durante o período programático de 2014-2020 (Henriques *et al.*, 2022b).

Uma vez que as PME's são uma pedra angular da economia europeia, correspondendo a 99% das empresas da UE e a cerca de dois terços do emprego do sector privado (European Economic and Social Committee, 2017), e que o seu impacto no ambiente também é relevante, a sua transição para uma EH é fundamental para atingir o objectivo de redução das emissões de GEE da UE. Por conseguinte, dedicámos a nossa análise aos programas financiados pelo FEDER, que representam 70.5% dos fundos estruturais e de investimento europeus dedicados a este tema.

Neste contexto, Henriques *et al.* (2022b) utilizaram um modelo DEA não radial, orientado a *output*, baseado no modelo SBM, combinado com a análise de *clusters*, permitindo contemplar, simultaneamente, dois *inputs* (percentagem de co-financiamento da UE e financiamento aprovado) e dois *outputs* (financiamento executado e estimativa anual de redução de gases com efeito de estufa - GEE), para avaliar 102 POs de 22 países.

A novidade deste trabalho é tripla: (1) propõe a utilização do modelo de SBM orientado a *output* (i.e. considerando os *inputs* como um dado inalterável), combinado com a análise do *clusters* para avaliar POs dedicados à promoção de uma EH nas PME's; (2) permite avaliar esses fundos durante o seu período de programação, facilitando a adoção de medidas políticas para corrigir as ineficiências identificadas, fornecendo, assim, informações adicionais que possam ser utilizadas no acompanhamento e nas avaliações dos processos; (3) considera as características regionais distintas dos POs, ou seja, representa as diferenças entre as regiões que têm menos de 75% do PIB da UE, elegíveis para uma assistência financeira consideravelmente maior da política de coesão (regiões menos desenvolvidas), as regiões de transição ( $75\% \leq \text{PIB} \leq 90\%$ ), e as regiões mais desenvolvidas ( $\text{PIB} > 90\%$ ), agrupadas em três *clusters* distintos.

Posteriormente, em Gouveia *et al.* (2022) avaliou-se a implementação do FEDER dedicado ao OT4 em 23 EMs. A avaliação de cada país é feita através da abordagem VBDEA em três fases. As novidades deste trabalho são as seguintes: 1) avalia a eficiência do FEDER ao nível dos EMs; 2) emprega a abordagem VBDEA para esse efeito; 3) incorpora as preferências políticas de um decisor hipotético através da introdução de restrições nos pesos; 4) efetua a avaliação da robustez dos resultados obtidos, fornecendo informação adicional sobre a alteração do desempenho de cada país face à eventual alteração dos valores dos indicadores utilizados na análise.

### 3.3.2. Metodologia

#### 3.3.2.1. O modelo SBM orientado a output

O modelo SBM orientado a output pode ser dado da seguinte forma (Tone e Tsutsui, 2015):

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \rho^o = \frac{1}{\rho} = 1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{rk}} \\ \text{s.t.} \quad & x_{ik} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^-, \quad i = 1, \dots, m, \\ & y_{rk} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+, \quad r = 1, \dots, s, \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ & s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \\ & s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s. \end{aligned} \quad (20)$$

O modelo (20) assume rendimentos constantes à escala (RCE). Para considerar RVE, é apenas necessário adicionar a restrição  $e^T \lambda = 1$  ao modelo (20).

**Definição 5.** Uma  $UD_k$  é eficiente no modelo SBM orientado a output se  $\rho^{o*} = 1$ . Esta condição é equivalente a  $s^{+*} = 0$ . No entanto, é possível que  $s^{-*} \neq 0$ .

#### 3.3.2.2. O modelo VBDEA

O método VBDEA é uma variante do modelo DEA aditivo com projeções orientadas que incorpora as preferências do decisor utilizando conceitos da TVMA com informação imprecisa.

Nesta abordagem, cada fator (*input* ou *output*) é convertido em funções de valor parciais, cada uma delas definida no intervalo [0,1], geralmente obtidas considerando as preferências de um decisor.

A teoria de decisão clássica oferece algumas regras (tais como *max-min* e *min-max regret*) que podem ser aplicadas a situações onde as funções de valor são incertas.

No desenvolvimento do método VBDEA utilizou-se a regra *min-max regret*, referente ao conceito de perda de valor de escolher uma alternativa face a outra. A ideia é determinar para cada alternativa o potencial “arrependimento” associado à sua escolha, observando quão melhor poderia outra alternativa ser. Para um dado vetor de coeficientes de ponderação, a perda de valor de escolher a alternativa  $a_k$  em vez de outra alternativa  $a_j \neq a_k$  é dada por (21):

$$R_{\max}(a_k, a_j) = \max_{j \neq k} V(a_j) - V(a_k) \quad (21)$$

A perda de valor máxima associada a uma dada alternativa  $a_k$ ,  $R_{\max}(a_k)$ , é dada pela máxima perda de oportunidade associada à escolha dessa alternativa (22):

$$R_{\max}(a_k) = \max_w \left\{ \left( \max_{j \neq k} V(a_j) \right) - V(a_k) \right\} \quad (22)$$

A decisão ótima *min-max regret* minimiza a perda no pior caso, de acordo com possíveis realizações do vetor de coeficientes  $w$ , i.e., alternativas com  $R_{max}(a_k)$ , mínimo são preferidas. Assim, a medida de eficiência atribuída a cada UD ganha um significado intuitivo: corresponde a uma medida "*min-max regret*" (perda de valor).

Considerando que as alternativas a avaliar de acordo com  $q$  ( $q = m+p$ ) critérios são as UD's, definem-se  $q$  funções de valor de modo a que o pior nível da escala tenha o valor 0 e o melhor nível da escala tenha o valor 1. Por outras palavras, quanto menor for o desempenho associado a um fator de *input* maior será o seu valor (mais próxima estará de 1); para o caso dos *outputs*, quanto maior for o desempenho maior será o seu valor. Assim, depois de todos os fatores terem sido convertidos em escalas, passam a ser considerados como *outputs* a maximizar. Assim, para cada UD do conjunto  $\{UD_j: j = 1, \dots, n\}$  a avaliar de acordo com  $m$  fatores (critérios) a ser minimizados  $x_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m$ ) e  $p$  fatores (critérios) a ser maximizados  $y_{rj}$  ( $r = 1, \dots, p$ ), os fatores são convertidos em funções de valor parciais  $\{v_c(UD_j), c = 1, \dots, q, \text{ with } q = m + p, j = 1, \dots, n\}$  e agregados numa função de valor global, atendendo ao modelo aditivo MAVT,  $V(UD_j) = \sum_{c=1}^q w_c v_c(UD_j)$ , onde  $w_c \geq 0, \forall c = 1, \dots, q$  e  $\sum_{c=1}^q w_c = 1$  (por convenção). Os coeficientes de escala  $w_1, \dots, w_q$  são os pesos das funções de valor e refletem as compensações (*trade-offs*) de valor do decisor. Cada UD pode escolher seus pesos de forma a minimizar a distância até a melhor UD, dentro do espírito da regra de "*min-max regret*". O método *Value-Based DEA* compreende duas fases, depois que todos os fatores terem sido convertidos numa escala de valores.

Fase 1: Calcular a medida de eficiência,  $d_k^*$ , para cada  $UD_k, k = 1, \dots, n$ , e o vetor de ponderação correspondente  $w_k^*$  resolvendo o problema linear (23).

Fase 2: Se  $d_k^* \geq 0$ , então resolva o problema do "aditivo ponderado" (24), usando o vetor de ponderação ótimo resultante da Fase 1,  $w_k^*$ , e determinar o correspondente ponto projetado da  $DMU_k$  em análise.

Foi incluído o conceito de super-eficiência na formulação (23) para acomodar a discriminação de UD's eficientes:

$$\begin{aligned} \min_{d_k, w} d_k, \\ \text{s. t. } \sum_{c=1}^q w_c v_c(UD_j) - \sum_{c=1}^q w_c v_c(UD_k) \leq d_k, j = 1, \dots, n; j \neq k \\ \sum_{c=1}^q w_c = 1 \\ w_c \geq 0, \forall c = 1, \dots, q \end{aligned} \quad (23)$$

O valor ótimo  $d_k^*$  é a distância definida pela diferença de valor para a melhor de todas as UD's (observe-se que a melhor UD também dependerá de  $w$ ), excluindo-se do conjunto de referência. Se  $d_k^*$  for negativo, então a  $UD_k$  sob avaliação é eficiente, sendo possível classificar essas unidades eficientes levando em consideração que quanto mais negativo for o valor  $d_k^*$ , mais eficiente será a UD.

Se uma UD tem uma pontuação não negativa,  $d_k^*$ , então a  $UD_k$  é ineficiente e um alvo (ponto de referência) pode ser calculado resolvendo o problema linear (4):

$$\begin{aligned} \min_{\lambda, s} z_k = - \sum_{c=1}^q w_c^* s_c \\ \text{s. a. } \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j v_c(UD_j) - s_c = v_c(UD_k) \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j, s_c \geq 0, j = 1, \dots, k-1, k+1, \dots, n; c = 1, \dots, q \end{aligned} \quad (24)$$

As variáveis  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  definem uma combinação convexa das  $n$  UD's. As UD's eficientes (podendo ser apenas uma) que definem a combinação convexa com  $\lambda_j > 0$  são chamadas de "pares" da  $UD_k$  em avaliação. A combinação convexa corresponde a um ponto na fronteira eficiente, melhor do que a  $UD_k$  com uma diferença de valor de  $s_c$  (folga) em cada critério (fator)  $c$ .

O problema linear (24) admite alvos ótimos alternativos, cada um dos quais correspondendo a uma forma diferente de anular o valor da diferença  $d_k^*$ . Esses alvos correspondem a diferentes projeções sobre a fronteira eficiente.

Ao invés de deixar cada UD escolher livremente os coeficientes de ponderação associados às funções de valor, foram incluídas no modelo as preferências dos decisores no sentido de construir restrições aos coeficientes de ponderação seguindo alguns dos protocolos de diálogo recomendados (ver von Winterfeldt e Edwards, 1986).

A introdução de restrições aos coeficientes de ponderação nos modelos traduz melhor os objetivos dos *policy makers*/organização e, portanto, garante resultados significativamente mais próximos daquilo que o decisor considera como sendo as melhores práticas. Ao incluir os coeficientes de ponderação, a Fase 1 e a Fase 2 passam a assumir outras formulações: às restrições do problema linear da Fase 1 acrescentam-se as restrições aos pesos, ao passo que no problema



linear da Fase 2 é necessário permitir às folgas  $s_c$  terem valores negativos, retirando-se a restrição  $s_c \geq 0$  (ver detalhes em Almeida e Dias, 2012).

Assim, esta abordagem é especificamente adequada para incorporar na análise as preferências de decisores, seja considerando funções de valor ou permitindo a introdução de restrições aos coeficientes de ponderação (pesos) de acordo com as principais preocupações dos decisores e permite facilmente lidar com dados negativos ou nulos. Além disso, esta abordagem também envolve um procedimento que permite realizar a avaliação de robustez dos resultados obtidos, permitindo aos decisores compreender o quão sensível é a eficiência de cada programa em avaliação à variação dos dados. No sentido de lidar com a incerteza, consideramos que as perturbações nos desempenhos de cada fator estão dentro de um intervalo e são então convertidas em escalas de valor. De acordo com Gouveia *et al.* (2013), são calculadas uma medida de eficiência otimista e uma medida de eficiência pessimista. Essas duas medidas de eficiência permitem-nos classificar cada UD como fortemente eficiente, potencialmente eficiente ou fortemente ineficiente para um determinado valor de tolerância.

### 3.3.3. Dados e pressupostos

Os fatores considerados na avaliação da eficiência da implementação dos FEEI dedicados à promoção de uma EH nas empresas são dados na Tabela 16. Os dados por PO e por EM podem ser obtidos em Henriques *et al.* (2022b) e Gouveia *et al.* (2022), respetivamente.

**Tabela 16.** Inputs e outputs selecionados.

	Co-financiamento da UE	Financiamento executado	Financiamento aprovado	Redução das emissões de GEE
Descrição	Percentagem de financiamento da UE (média).	Eligible costs validated	Financial resources assigned	Estimated annual decrease of GHG
Tipo de fator	Input	Output	Input	Output
Unidade	%	Euro	Euro	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente
Fonte	(a)	(a)	(a)	(b), (c)
Explicação	Considera preocupações com a capacidade de absorção financeira do país ou da região	Reflete preocupações sobre o ritmo de implementação dos programas	Reflete preocupações sobre o ritmo de implementação dos programas	Reflete preocupações com a EH
Referência	Wostner and Slander (2005); Kersan-Škabić and Tijanić (2017); Gouveia <i>et al.</i> (2021)	Bubbico and Michelis (2011); Bachtler <i>et al.</i> (2018); Gouveia <i>et al.</i> (2021)	Bubbico and Michelis (2011); Bachtler <i>et al.</i> (2018); Gouveia <i>et al.</i> (2021)	Gramillano <i>et al.</i> (2018); Pilecki (2018)

(a) Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020/ESIF-2014-2020-Finance-Implementation-Details/99js-gm52> (accedidos em 19 de novembro de 2021); (b) Dados disponíveis em: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docoffic/2014/working/wd\\_2014\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2014/working/wd_2014_en.pdf) (accedidos em 19 de novembro de 2021); (c) Dados disponíveis em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/2014-2020/ESIF-2014-2020-Achievement-Details/aesb-873i> (accedidos em 19 de novembro de 2021).

### 3.3.4. Resultados obtidos

#### 3.3.4.1. Resultados relativos aos POs

Os resultados foram calculados com o software MaxDEA 8 Ultra. A Tabela 17 apresenta as estatísticas descritivas para os resultados obtidos por PO.

**Tabela 17.** Estatísticas descritivas dos resultados obtidos em relação aos POs.

Tipo de região	Estatísticas	Score de Eficiência (RCE)	Score de Eficiência (RVE)	Efeito de escala	RGT
Mais desenvolvidas	Média	0.333	0.429	0.859	0.896
	Desvio padrão	0.361	0.410	0.255	0.230
	Mínimo	0.001	0.001	0.045	0.036
	Máximo	1.000	1.000	1.000	1.000
	Contagem	46	46	46	46
Transição	Média	0.356	0.490	0.835	0.770
	Desvio padrão	0.403	0.449	0.305	0.257
	Mínimo	0.000	0.000	0.001	0.052
	Máximo	1.000	1.000	1.000	1.000
	Contagem	27	27	27	27
Menos desenvolvidas	Média	0.536	0.618	0.901	0.392
	Desvio padrão	0.399	0.401	0.242	0.235
	Mínimo	0.025	0.030	0.058	0.004
	Máximo	1.000	1.000	1.000	1.000
	Contagem	29	29	29	29

Da análise da Figura 8, é possível ressaltar que as fronteiras do *cluster* das regiões mais desenvolvidas e das regiões de transição foram quase tangenciais à meta-fronteira. Os valores médios do RGT variam de 0.392 (para as regiões menos desenvolvidas) a 0.896 (para regiões mais desenvolvidas), sugerindo a existência de enorme *gap* entre as duas fronteiras, principalmente no caso das regiões menos desenvolvidas (o número de UD's eficientes – pontuação igual a 1 – aumentou

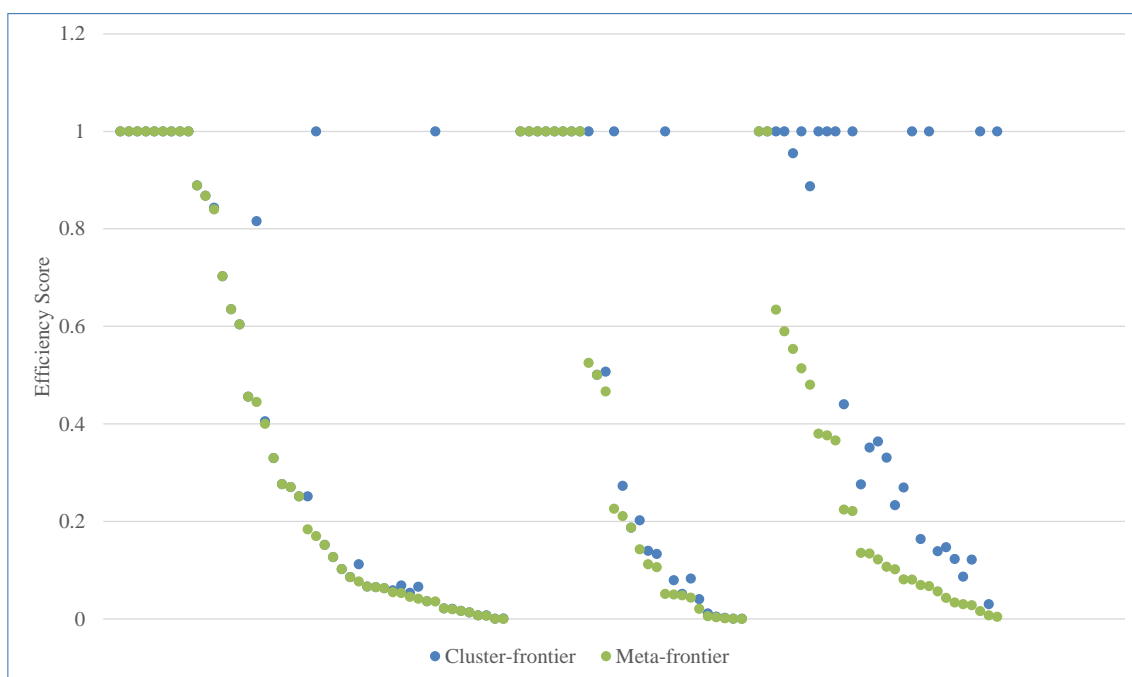


de 2 para 13 na fronteira do *cluster*). Em geral, o número de POs eficientes aumentou de 19 (meta-fronteira) para 35 (fronteira do *cluster*) – Figura 8.

Estes resultados são principalmente influenciados pelo RGT alcançado pelos POs das regiões menos desenvolvidas, que produzem, em média, apenas cerca de 39.2% da produção potencial, dada a tecnologia disponível para este tipo de POs como um todo (estão representados 22 países) - ver Tabela 17.

No entanto, as regiões mais desenvolvidas produzem, em média, 89.6% da produção potencial (Tabela 17), enquanto que as regiões de transição produzem, em média, 77% da produção potencial (Tabela 17).

Globalmente, as regiões mais desenvolvidas e as regiões de transição apresentam um maior potencial de melhoria de 57% e 51%, respetivamente, enquanto que as regiões menos desenvolvidas apresentavam um menor potencial de melhoria de 38% (Tabela 17). Adicionalmente, em média, cerca de 10%, 16% e 14% dos ajustamentos necessários para tornar eficientes os POs não eficientes devem-se aos efeitos de escala para as regiões menos desenvolvidas, de transição e mais desenvolvidas, respetivamente.



**Figura 8.** Scores de eficiência de 102 POs na meta-fronteira e na fronteira de cada *cluster*. Nota: Os scores de eficiência são apresentados da esquerda para a direita para as regiões mais desenvolvidas, de transição e menos desenvolvidas, respetivamente.

Da análise da Tabela 18, pode concluir-se que 73% dos POs ineficientes não necessitam de ajustamentos no cofinanciamento da UE. No entanto, existem pelo menos quatro POs (de regiões mais desenvolvidas) que requerem uma redução significativa do cofinanciamento da UE (entre 34% e 54%) para se tornarem eficientes. Sobretudo, nestes casos, as estruturas de gestão deveriam considerar a reprogramação dos POs para reafetar o cofinanciamento da UE de regiões mais desenvolvidas para regiões menos desenvolvidas. Em termos do financiamento atribuído, 88% dos POs ineficientes não requerem ajustamentos; contudo, existem quatro fundos (3 de regiões mais desenvolvidas e 1 de uma região de transição) que requerem uma redução do financiamento entre 20% e 32%. Por outro lado, as AGs devem ter flexibilidade para decidir como alterar a cobertura do financiamento, contemplando outras regiões menos desenvolvidas e/ou outras prioridades de investimento, se necessário. Uma das questões críticas que impede a eficiência dos POs é o seu ritmo de execução. Existem 11 POs que precisam de melhorar o seu desempenho neste indicador em mais 200% e 7 que precisam de o melhorar em mais de 75%. Nestes casos, alguns relatórios de avaliação (para mais detalhes consultar Henriques *et al.* (2022b)) sugerem que algumas empresas desistiram dos projetos, provavelmente devido às dificuldades em obter crédito bancário. Nestas circunstâncias, deveria haver mecanismos de apoio às empresas na procura de fontes de financiamento alternativas; por exemplo, fundos de capital de risco, *business angels* e *crowdfunding*, facilitando também o contacto com outros investidores institucionais. De outro modo, o financiamento deve ser transferido para regiões ou outras prioridades de investimento com maior capacidade de execução.

Para acelerar a execução dos POs, é ainda necessário considerar as melhores práticas de outros países e reduzir os requisitos burocráticos para aceder ao financiamento. As estruturas de gestão devem encontrar formas de tornar mais eficiente a implementação dos projetos, promovendo a simplificação dos procedimentos de preparação e apresentação dos pedidos de pagamento. A redução da taxa de execução das candidaturas poderá também envolver oportunidades adicionais de consulta direta e melhor apoio e orientação por parte das AGs.

Finalmente, constata-se que a redução das emissões de GEE é, na realidade, o indicador que requer mais atenção, uma vez que 59 POs necessitam de melhorar substancialmente o seu desempenho neste indicador. É necessária uma análise mais aprofundada, nomeadamente no que respeita à possibilidade de substituir ou acompanhar as AGs com um organismo alternativo competente, ou mesmo oferecer formação específica e o intercâmbio das melhores práticas para melhorar a escolha dos projetos selecionados para financiamento. Os POs devem assegurar melhores ligações entre objetivos políticos, ações empreendidas e indicadores, e, se necessário, promover um maior envolvimento dos principais *stakeholders* na fase de planeamento.

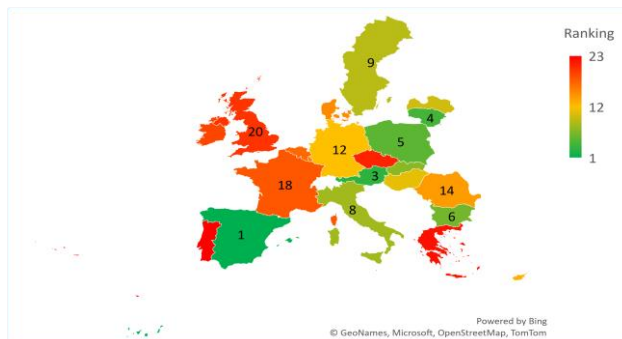
Globalmente, as AGs devem acompanhar de perto a execução dos POs, especialmente os que apresentam atrasos de execução, e rever a atribuição de financiamento, se necessário.

**Tabela 18.** Implicações políticas e sugestões para os POs ineficientes.

Fator sob avaliação	Nº de POs	Variação % média	Implicações políticas	Sugestões
Cofinanciamento da UE	49	0%	Não são necessários ajustamentos para o cofinanciamento da UE	Sem sugestões
	14	-5%	O cofinanciamento da UE deve ser ligeiramente reduzido	Permitir alguma flexibilidade na reafetação do cofinanciamento da UE entre regiões.
	3	-34%	O cofinanciamento da UE deve ser reduzido	Permitir uma maior flexibilidade na reafetação do cofinanciamento da UE entre regiões.
	1	-54%	O cofinanciamento da UE deve ser moderadamente reduzido	Reafetar o cofinanciamento da UE para outras regiões.
Financiamento aprovado	59	0%	Não são necessários ajustamentos para o financiamento aprovado	Sem sugestões
	4	-11%	O financiamento aprovado deve ser ligeiramente reduzido	Permitir alguma flexibilidade na reafetação do financiamento entre regiões e prioridades de investimento.
	4	-25%	O financiamento aprovado deve ser reduzido	Permitir uma maior flexibilidade na reafetação do financiamento entre regiões e prioridades de investimento.
Financiamento executado	20	0%	Não são necessários ajustamentos no financiamento executado	Sem sugestões
	14	8%	Melhorar ligeiramente a execução	Promover a simplificação dos procedimentos de preparação e apresentação de pedidos e de pedidos de pagamento.
	10	32%	Melhorar a execução	Clarificar melhor os critérios de elegibilidade e seleção para cada uma das fases de abertura, a fim de reduzir a taxa de insucesso da execução.
	5	47%	Melhorar moderadamente a execução	Criar oportunidades adicionais de consulta direta e aumentar o apoio e orientação dado aos candidatos
	7	76%	Melhorar fortemente a execução	Prever formação e intercâmbio específicos de boas práticas para melhorar as taxas de execução.
	11	227%	Transferir financiamento para regiões ou outras prioridades de investimento com maior capacidade de execução	Transferir financiamento para regiões ou outras prioridades de investimento com maior capacidade de execução.
Redução de GEE	2	7%	Necessidade de financiar projetos que confirmem um ligeiro contributo para mitigar os efeitos das alterações climáticas	Continuar a investir em iniciativas para reduzir as emissões de dióxido de carbono e mitigar os efeitos das alterações climáticas.
	4	27%	Necessidade de financiar projetos que confirmem algum contributo para mitigar os efeitos das alterações climáticas	Foco na redução do consumo de energia corrente das empresas; alargar os tipos de fontes renováveis elegíveis para financiamento e definir as regras de utilização conjunta do FEDER com outros subsídios.
	2	78%	Necessidade de financiar projetos que confirmem um grande contributo para mitigar os efeitos das alterações climáticas	Promover um maior envolvimento dos principais intervenientes na fase de planeamento.
	59	30,847%	Avaliar e alterar estratégia de investimento	Prever a formação e o intercâmbio específico de boas práticas para melhorar a escolha dos projetos selecionados para financiamento.

### 3.3.4.2. Resultados relativos aos EMs

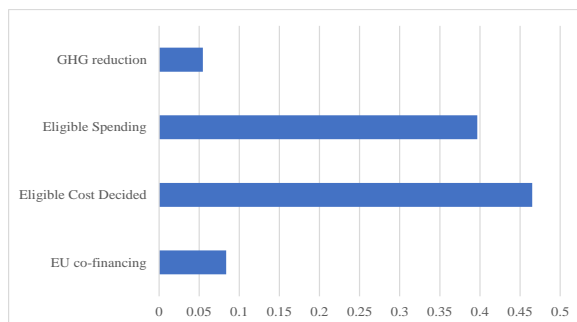
No que se refere ao modelo VBDEA, os resultados foram obtidos a partir da aplicação desenvolvida no âmbito deste projeto (disponível em: <https://adept.iscac.pt/adeptapp/>). Os dados obtidos com o modelo VBDEA são disponibilizados com maior nível de detalhe em Gouveia *et al.* (2022).



**Figura 9.** Ordenação dos EMs de acordo com os scores de (in)eficiência

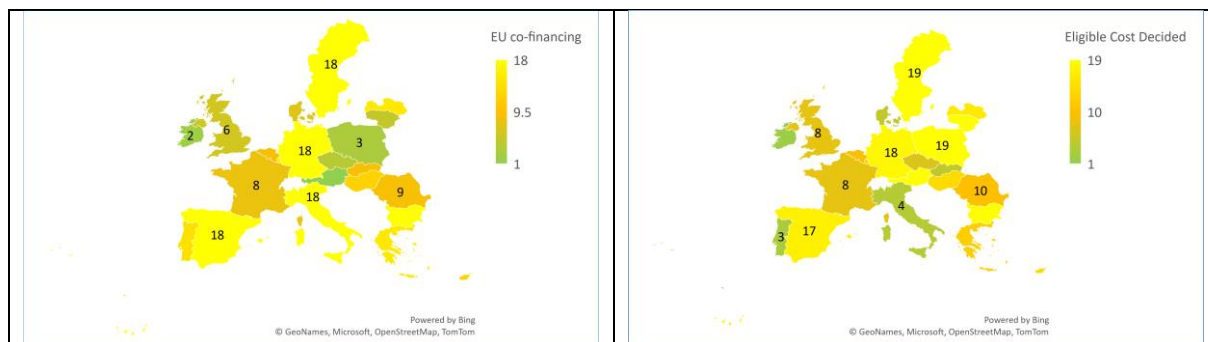
A partir da Figura 9 é possível concluir que apenas 10 dos 23 países atingem um estatuto de eficiência, correspondendo a Espanha, Malta, Áustria, Lituânia, Polónia, Bulgária, Eslováquia, Itália, Suécia e Letónia (países identificados com diferentes tonalidades de verde). Os países que apresentam o melhor desempenho são Espanha, seguida por Malta, e Áustria. A Figura 9 mostra também os resultados para os EMs ineficientes. Neste caso, Portugal, Grécia, e República Checa apresentam os piores resultados.

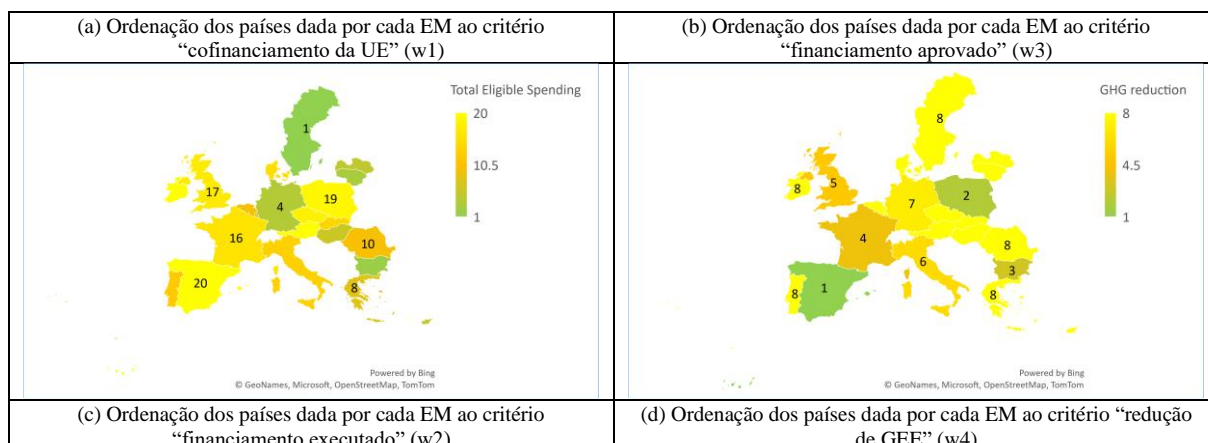
A Fase 1 do método VBDEA permite obter os resultados de eficiência que permitem ordenar os EMs eficientes e ineficientes, bem como os correspondentes vetores de ponderação que refletem a importância dada a cada critério para atingir a melhor pontuação de eficiência possível - Figura 10.



**Figura 10.** Vetores médios de ponderação obtidos com o método VBDEA

O factor responsável pelo maior desempenho dos EMs na execução do FEDER foi, em geral, o “financiamento aprovado” ( $w_2$ ) seguido do “financiamento executado” ( $w_3$ ) (Figura 10). No entanto, nenhum dos três EMs mais eficientes considerou relevante o primeiro critério de avaliação para atingir o seu desempenho - ver Figuras 9 e 11(b). Por exemplo, Espanha apenas deu prioridade ao critério de maximização “financiamento executado” e “redução das emissões de GEE” ( $w_3=0.363$  e  $w_4=0.637$ ). Malta classificou-se em 3º lugar unicamente com base no “financiamento executado” ( $w_3=1$ ) - ver Figura 11(c), enquanto que a Áustria se classificou em 3º lugar unicamente com base no “cofinanciamento da UE” ( $w_1=1$ ) (ver Figura 11(a)). Apenas quatro dos dez EMs eficientes (Bulgária, Espanha, Itália, e Polónia) escolheram a “redução de GEE” como critério fundamental para alcançar a eficiência - ver Figura 11(d).

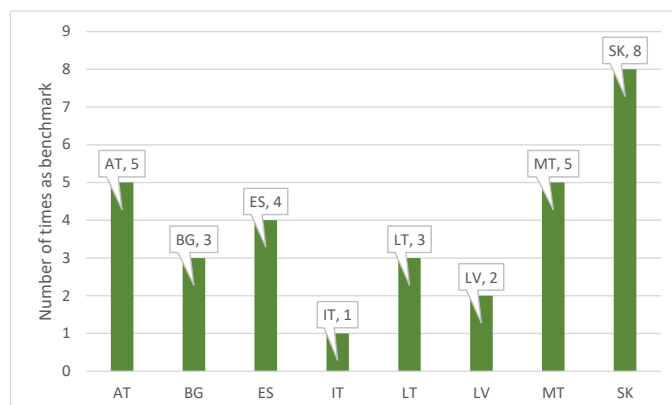




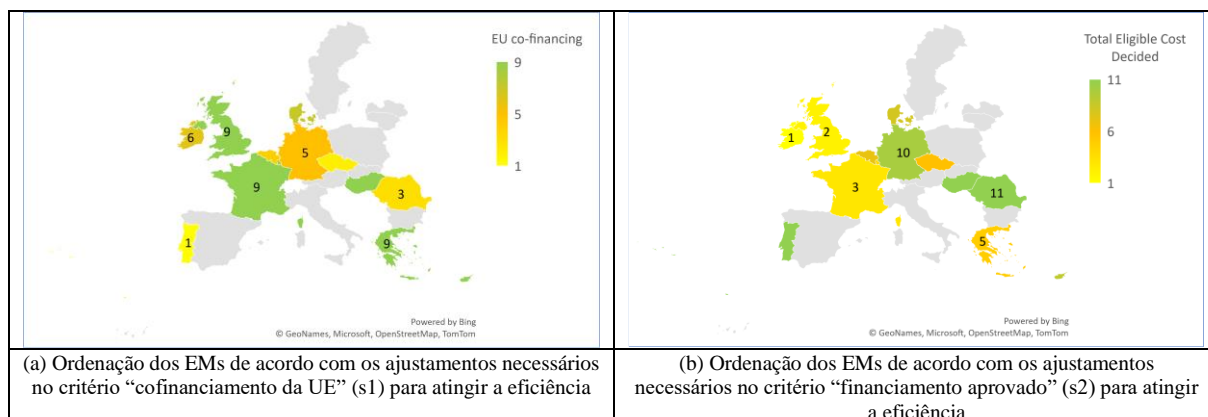
**Figura 11.** Resultados obtidos de acordo com os vetores de ponderação calculados com o modelo VBDEA (ordenação decrescente)

Os três EMs mais vezes escolhidos como *benchmark* pelos países ineficientes são a Eslováquia (8 vezes), Malta (5 vezes), e Áustria (5 vezes) - ver Figura 12. Dois dos quatro EMs<sup>11</sup> pertencentes ao grupo de Visegrad são eficientes na execução do FEDER.

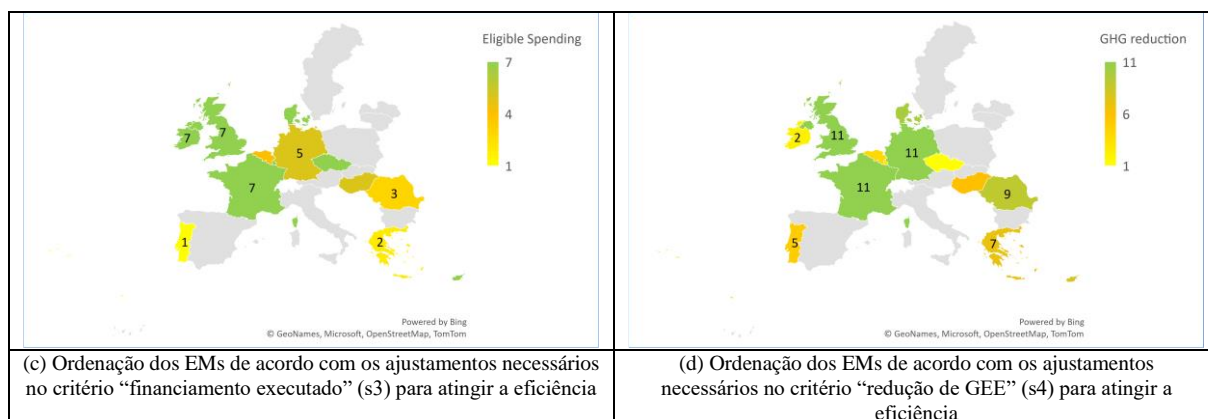
Na Fase 2, os alvos eficientes (projeções) são calculados para cada EM ineficiente. Para atingir a eficiência, estes EMs devem ajustar os seus valores de desempenho em cada critério de acordo com o valor obtido para as variáveis de folga (*slacks*) - ver Figura 13.



**Figura 12.** Número de vezes que cada EM foi selecionado como benchmark



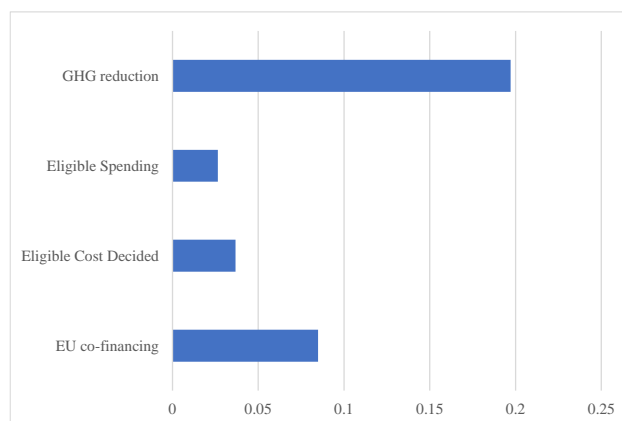
<sup>11</sup> Os acrónimos de cada EM correspondem a: AT-Áustria; BG -Bulgária; ES - Espanha; IT — Itália; LT -Lituânia; LV -Letónia; MT -Malta; SK-Eslováquia.



**Figura 13.** Resultados obtidos de acordo com as *slacks* calculadas com o modelo VBDEA (ordenação decrescente)

A República Checa é o país que precisa de fazer a maior redução de GEE de todos os países da amostra, seguido da Irlanda e do Luxemburgo (Figura 13 d). Por outro lado, os únicos EMs ineficientes que não necessitam de reduzir as emissões de GEE são a Alemanha, a França e o Reino Unido, países que têm apostado numa política climática consistente (Bak *et al.*, 2021). A ineficiência destes EMs reside na sobre utilização dos fundos dedicados a uma EH em relação aos seus pares (Figura 13 a, b).

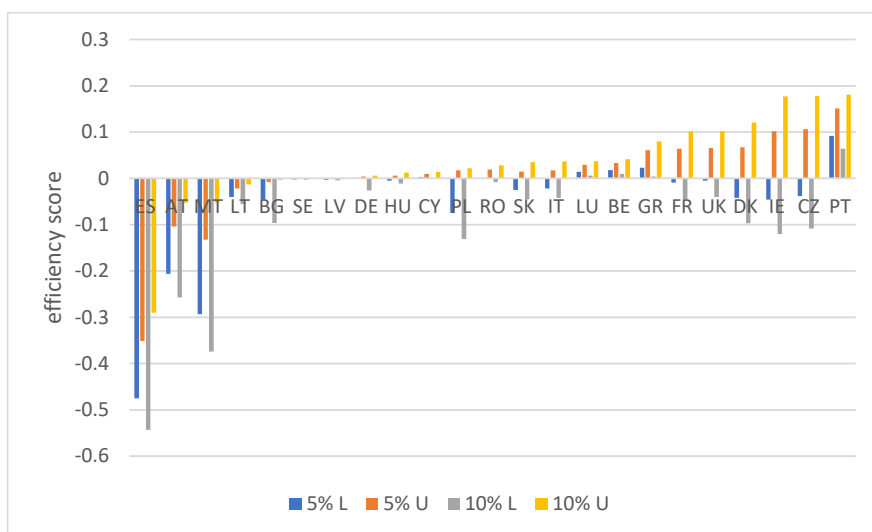
A partir da Figura 14, pode concluir-se que o critério "redução de GEE" é o que requer maiores ajustamentos, seguido da dependência de "cofinanciamento da UE".



**Figura 14.** Ajustamentos médios requeridos para atingir a eficiência de acordo com as *slacks* na escala de valor<sup>12</sup>

Os valores dos critérios podem sofrer alterações e estar sujeitos a alguma incerteza. Nestes casos, o modelo original é transformado em dois modelos, permitindo obter os limites superiores e inferiores dos *scores* de eficiência. No primeiro modelo (considerando o pior cenário), todos os critérios que estão a ser maximizados são aumentados enquanto todos os critérios que estão a ser minimizados são reduzidos, com exceção da UD em estudo (ou seja, a  $UD_k$  sob avaliação agrava o seu desempenho de eficiência enquanto as restantes UD's melhoram o seu desempenho). No segundo modelo (considerando o melhor cenário), faz-se o oposto (Gouveia *et al.*, 2013). A avaliação da robustez dos *scores* de eficiência de cada EM é ilustrada na Figura 15, aplicando perturbações de  $\delta=5\%$  e  $\delta=10\%$  nos valores dos critérios.

<sup>12</sup> Os ajustamentos na escala de valor original também podem ser obtidos através da aplicação desenvolvida no âmbito deste projeto (disponível em: <https://adept.iscac.pt/adeptapp/>).



**Figura 15.** Limites inferiores e superiores para os *scores* de (in)eficiência de cada EM.

Espanha, Áustria, Malta, Lituânia, Bulgária e Suécia são robustamente eficientes (por ordem decrescente) para ambas as perturbações (5% e 10%). Portugal, Bélgica, Luxemburgo, Grécia e Chipre são robustamente ineficientes (por ordem decrescente) considerando as duas perturbações. A Letónia só é robustamente eficiente para uma tolerância de 5%, mas apenas potencialmente eficiente com uma tolerância de 10%. A Alemanha e a Roménia são robustamente ineficientes para uma perturbação de 5% e potencialmente eficientes para uma perturbação de 10%. Os restantes países são potencialmente eficientes para ambas as perturbações. Este tipo de análise permite concluir que a Espanha é de longe o EM mais robusto em termos de eficiência. Curiosamente, a Eslováquia, que foi mais frequentemente selecionada como *benchmark* (ver Figura 12) é apenas potencialmente eficiente para todas as perturbações consideradas.

#### 4. CONCLUSÕES

*Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da I&I nas empresas*

Em resumo, as principais conclusões relativas às questões de investigação colocadas em Henriques *et al.* (2022a) são dadas em seguida.

Q1. "Será que um nível mais elevado de eficiência procedimental conduz necessariamente a um maior potencial de geração de I&I?"

- i) Os POs mostram níveis mais elevados de *gap* tecnológico para a geração do potencial de I&I do que para a eficiência procedimental, particularmente para as regiões de transição e menos desenvolvidas.
- ii) As conclusões parecem corroborar o "paradoxo europeu", enquanto a promoção de inovação através de financiamento público não conduz necessariamente a um maior potencial de inovação.

Q2. "Que indicadores de desempenho impedem a aplicação eficiente de fundos dedicados a impulsionar a I&I nas PME's da UE?"

- i) Globalmente, os dois principais fatores que impedem que os POs destinados a fomentar I&I nas empresas se tornem eficientes são o número de investigadores a trabalhar em infraestruturas de I&I melhoradas e o número de empresas que trabalham com instituições de I&I.
- ii) Estes resultados salientam a necessidade de resolver o problema da falta de competências, um fator que tem sido frequentemente identificado como um dos maiores obstáculos à inovação. As AGs deve igualmente reforçar o apoio a parcerias entre PME's e instituições de I&I, nomeadamente em regiões menos desenvolvidas.

Q3. "Que POs mostraram maior resiliência no que se refere à sua eficiência face a mudanças potenciais dos indicadores de desempenho?"

A partir dos resultados da análise de sensibilidade, pode estabelecer-se que:

- i) O "número de empresas apoiadas para introduzir novos produtos no mercado" tem a menor influência na eficiência.
- ii) Devem ser tomadas medidas adicionais para reforçar a colaboração e a ligação em rede entre empresas e organizações de investigação, uma vez que o indicador "número de empresas que trabalham com instituições de I&I" tem maior influência na eficiência.

Q4. "Que POs foram considerados mais vezes referência de melhores práticas durante o período de programação sob escrutínio?"

Os quatro POs mais frequentemente considerados referência para as melhores práticas foram "Aragón" (22), "Região de Bruxelas-Capital" (19), "Fundo de Política de Coesão—EE" (19) e "Competitividade - Empreendedorismo e Inovação—



GR" (18). Dois destes pertencem a regiões mais desenvolvidas, um a uma região menos desenvolvida e outro a uma região de transição.

Q5. "Que tipo de regiões mostraram um maior desempenho no apoio à I&I nas PME?"

Em geral, as regiões mais desenvolvidas apresentam uma maior margem de progresso (85%), enquanto as regiões de transição e menos desenvolvidas apresentaram uma menor capacidade de progresso de 67% e 65%, respetivamente. Por conseguinte, as nossas conclusões mostram que as políticas bem sucedidas devem refletir não só as ações de I&I das PMEs no sentido da sua capacidade de inovação, mas também a região onde estão localizadas.

No que se refere ao trabalho realizado em Henriques e Viseu (2022a), que permite avaliar as razões subjacentes à execução ineficiente dos POs, apresentam-se em seguida as principais conclusões.

Q1: "Que variáveis contextuais possuem um efeito relevante na ineficiência dos POs dedicados a impulsionar a I&I nas PMEs?"

Os nossos resultados indicam que as regiões mais desenvolvidas não fazem uma utilização eficiente do FEDER para promover a I&I nas PMEs. A dificuldade e o tempo necessários para apresentar, elaborar e avaliar as candidaturas, e a maior vulnerabilidade deste tipo de empresas a questões financeiras são razões possíveis para obter estes parcos resultados. Por outro lado, com estes resultados fica demonstrada a necessidade de fazer face à escassez de investigadores com a formação necessária, que tem sido reconhecida como um obstáculo fundamental à inovação. Adicionalmente, uma maior percentagem da população com formação universitária não resulta num número eficiente de "Empresas apoiadas" e de "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação". Estas conclusões parecem indicar que as instituições de ensino superior não contribuem da melhor forma para as verdadeiras exigências da economia. Neste âmbito, devem ser impulsionadas iniciativas para reforçar as relações das PMEs com as instituições de ensino superior, uma vez que esta forma de colaboração pode ser vantajosa para o ambiente de inovação.

A aprendizagem ao longo da vida parece estar favoravelmente correlacionada com o desempenho superior dos resultados "Investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas" e "Empresas apoiadas". Assim, os nossos resultados indicam que as estratégias integradas de aprendizagem ao longo da vida são fundamentais para acelerar a inovação entre os EMs e as regiões.

As despesas em I&D no sector público parecem contribuir positivamente para a necessária melhoria dos ajustamentos sobre "investigadores a trabalhar em infraestruturas melhoradas", mas têm o efeito oposto no número de "empresas apoiadas" e nas "empresas a trabalhar com instituições de investigação". Por um lado, estes resultados indicam o impacto favorável destas despesas na formação de recursos humanos porque está também ligado às despesas no sector do ensino superior público. Os dois últimos resultados, contudo, podem sugerir que maiores despesas em I&D no sector público não são a melhor opção para mitigar a incapacidade das PMEs em desenvolverem em I&D. Estes resultados podem também implicar que as PMEs não têm capacidade para absorver os efeitos multiplicadores das despesas públicas em I&D.

Por outro lado, dado que as despesas em I&D no sector empresarial têm um impacto benéfico na melhoria das "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação", estas conclusões parecem mostrar que a despesa em I&D no sector público tem uma menor influência na inovação das PMEs em comparação com as despesas em I&D no sector privado.

No que diz respeito às PMEs inovadoras que cooperam com outras, existe uma influência favorável desta variável contextual tanto no número de "Empresas apoiadas" como nas "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação". Por conseguinte, pode verificar-se que a colaboração das PMEs com fontes externas de conhecimento está positivamente ligada à inovação regional das PMEs.

Por último, as vendas de novos produtos no mercado e de novos produtos para as empresas têm um efeito negativo no número de "Empresas que trabalham com Instituições de Investigação" (a melhoria requerida neste resultado é positiva). Estas conclusões podem ser afetadas pelo facto desta variável contextual não distinguir entre inovação incremental e radical, bem como avanços não tecnológicos.

Q2: "Qual o impacto das variáveis contextuais na eficiência dos POs?"

Se os fatores forem ajustados de acordo com Tone and Tsutsui (2009), 19% dos POs (10) conseguem alcançar eficiência técnica em qualquer dos casos, sugerindo que o efeito dos fatores contextuais são mais visíveis nos POs ineficientes. O maior fosso de eficiência foi encontrado em POs ineficientes que mostraram um ganho médio de eficiência de 67%. As regiões mais eficientes, independentemente dos ajustamentos, foram "Competitividade Empreendedorismo e Inovação — GR — ERDF/ESF", "Inglaterra — FEDER" e "Espanha Multi-Regional — FEDER", com valores de eficiência que variam entre 1.25 e 1.88. Em geral, pode concluir-se que a eficiência técnica dos POs classificados como eficientes foi, na sua maioria, impulsionada por boas práticas de gestão.

Embora estes estudos tenham trazido informação adicional sobre o (in)sucesso na implementação da política de coesão de I&I, principalmente nas PMEs europeias, também tiveram as suas limitações. Não foi possível obter uma correspondência completa entre os indicadores de realização dos POs e a sua implementação financeira. Por outro lado, os dados fornecidos são frequentemente incompletos e, conseqüentemente, a avaliação acabou por contemplar um número limitado de indicadores e de POs.

Embora os nossos estudos tenham contemplado uma abordagem de avaliação a utilizar durante as fases de monitorização no decurso do período de programação, é necessário também avaliar os impactos económicos dos POs implementados.

Não obstante, apesar de a avaliação dos impactos económicos num contexto de política de especialização inteligente ser fundamental, esta continua a representar um esforço desafiante devido à falta de dados.

#### *Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção das TICs nas PME's*

Em suma, as principais conclusões relativas às questões de investigação respeitantes aos trabalhos desenvolvidos em Henriques e Viseu (2022 b, c, d, e) são dadas em seguida.

Q1: "Que indicadores impedem a utilização eficiente dos fundos atribuídos para promover a adoção das TICs nas PME's da UE?"

Sem o ajustamento dos fatores de avaliação, o "número de operações apoiadas" é o indicador que requer mais atenção por parte das AGs, enquanto o "financiamento aprovado" e o "financiamento executado" exigem atenção em menos casos (1 e 9 POs, respetivamente). Com a eliminação dos fatores contextuais e do erro, o "número de operações apoiadas" deixa de ser o único fator que exige preocupação por parte das AGs. Com os fatores ajustados, um terço dos POs precisa de reduzir mais o "financiamento aprovado". Por outro lado, o fraco desempenho do "financiamento executado" torna-se também um obstáculo ao desempenho eficiente de um número idêntico de POs.

Q2: "Que POs foram referenciados mais frequentemente como fonte de boas práticas para o período programático em análise?"

O PO mais frequentemente selecionado como referência de boas práticas, independentemente dos fatores contextuais, é "Espanha Multi-Regional - FEDER", estando classificado entre os quatro POs eficientes selecionados como *benchmark* em ambos os cenários. Por outro lado, 2 (em 5) dos POs que se mantêm eficientes, independentemente dos ajustamentos, pertencem a regiões espanholas. A este respeito, vale a pena referir que a utilização de 'vouchers' em Espanha parece ser uma abordagem eficiente para chegar às PME's e fornecer-lhes uma ajuda simples de administrar e direcionar para as suas necessidades.

Q3: "Que POs mostram mais resiliência na classificação de (in)eficiência face a mudanças prováveis nos indicadores utilizados?"

A análise da robustez mostra que os POs que se mantêm robustamente eficientes para perturbações de 5% e 10%, independentemente dos ajustamentos, são "Provence-Alpes-Côte d'Azur - FEDER/ESF/YEI", "Empresas e Inovação para a Competitividade - CZ – FEDER" e "Espanha Multi-Regional – FEDER". Por outro lado, "Inglaterra - FEDER" e "Infraestrutura Integrada - SK - FEDER/CF" tornam-se robustamente ineficientes para perturbações de 5% com ou sem o ajustamento dos fatores. De qualquer forma, estas conclusões sugerem que os procedimentos de gestão destes POs são a principal razão para a obtenção destes resultados.

Q4: "Que fatores contextuais têm maior impacto na ineficiência da execução dos POs destinados a promover as TICs nas PME's?"

Os resultados mostram que as regiões mais desenvolvidas e com uma taxa mais elevada de especialistas em TICs apresentam uma subutilização dos fundos do FEDER dedicados ao reforço das TICs nas PME's. Por outro lado, uma percentagem mais elevada de trabalhadores com competências em TICs conduz a uma fraca concretização do "número de operações apoiadas". Adicionalmente, as regiões mais desenvolvidas e com uma percentagem mais elevada de PME's que introduzem inovações de produto parecem ser mais eficientes na apresentação de candidaturas.

Q5: "Como se altera a eficiência com a remoção dos fatores contextuais?"

Com os fatores ajustados, cerca de 30 % dos POs (16) alcançaram um desempenho procedimental eficiente face aos 20% anteriores (10), salientando os impactos dos fatores contextuais na avaliação da eficiência.

Em suma, pode verificar-se que a acessibilidade das PME's aos fundos estruturais (em particular do FEDER) é parca, uma vez que estas empresas não têm capacidade administrativa para lidar com os diferentes procedimentos inerentes à elaboração de candidaturas e execução de projetos do FEDER. Esta questão torna-se particularmente relevante no que se refere às TICs. Com efeito, é necessária uma maior rapidez e adaptabilidade num sector conhecido por mudanças rápidas, como as TICs. Por conseguinte, as AGs devem encontrar formas de prestar um apoio adicional às PME's que simplifique os processos administrativos e que responda às necessidades específicas das PME's.

O nosso estudo sublinha, ainda, a falta de indicadores disponíveis para avaliar o desempenho da execução dos fundos estruturais dedicados a apoiar as TICs nas PME's (apenas dois *outputs* e um *input* foram utilizados para o efeito, apesar da utilização de outros fatores contextuais). Consequentemente, os decisores políticos nacionais e regionais devem utilizar indicadores específicos suplementares que expliquem o desempenho das TICs; etiquetar despesas que se enquadrem noutros objetivos temáticos (para além do OT2), mas que tenham um elemento TIC; melhorar a qualidade e a abrangência dos dados relativos ao desempenho das TICs a nível regional e ao nível das PME's; e consolidar dados de fontes distintas. Por último, embora este estudo ofereça novas perspetivas e novas abordagens para a avaliação da eficiência do financiamento dedicado a promover a utilização das TICs nas PME's europeias, também apresenta as suas limitações. Uma vez que o nosso trabalho se centrou num método de avaliação que poderia ser utilizado ao longo do período programático, o trabalho futuro deverá abordar especificamente as implicações económicas dos POs que envolvem o investimento das PME's, embora este tipo de avaliação continue a ser uma tarefa difícil (dada a falta de dados).

#### Avaliação da implementação dos POs dedicados à promoção da EH

Globalmente, as conclusões respeitantes à questões de investigação estudadas em Henriques *et al.* (2022b) são dadas seguidamente.

Q1: "Que fatores impedem uma implementação eficiente dos fundos destinados a fomentar uma EH nas PMEs?"

(1) As AGs devem prestar especial atenção à "redução das emissões de GEE", uma vez que 59 POs precisam de melhorar substancialmente o seu desempenho neste indicador. Nesses casos, deve considerar-se a perspetiva de apoiar as AGs através de grupos de peritos ou, porventura, proporcionar formação e intercâmbio de boas práticas específicas para melhorar a seleção dos projetos para financiamento.

(2) Outro fator importante é a taxa de execução dos POs. Especificamente, há 11 POs que têm que melhorar em mais do dobro o seu desempenho e 7 que devem melhorá-lo em mais de 75%. De qualquer forma, é importante compreender as razões subjacentes a estes números. Existem relatórios de avaliação que sugerem que algumas empresas desistiram dos seus projetos, muito provavelmente, devido a questões relacionadas com o crédito bancário. Neste contexto, as AGs devem poder apoiar as empresas na busca de outras fontes de financiamento, ao mesmo tempo que devem atuar como facilitadores na captação de outros investidores institucionais. Adicionalmente, devem ser exploradas as melhores práticas de outros países e minimizar os obstáculos burocráticos à obtenção de financiamento. As estruturas de gestão devem procurar formas de melhorar a implementação dos projetos, apoiando a simplificação dos procedimentos de apresentação de pedidos de pagamento, proporcionando também uma maior assistência e orientação às PMEs.

Q2: "Que POs foram mais frequentemente vistos como *benchmarks* durante o período de programação em avaliação?"

(1) Os POs mais frequentemente vistos como referência de melhores práticas foram, por ordem decrescente, o "Programa Regional do Sul e Do Leste — IE— FEDER", "Ligúria—ERDF", "Espanha Multi-Regional — FEDER", "Pays de la Loire-ERDF/ESF", "Investimentos em Crescimento e Emprego— AT — ERDF e "Cantábria—ERF".

(2) Existe apenas um PO de uma região menos desenvolvida (Lituânia) que também serve de referência de melhores práticas na meta-fronteira (apenas uma vez).

Q3: "Os POs foram robustamente eficientes face a potenciais alterações dos indicadores de desempenho utilizados?"

(1) 50% dos POs foram robustamente ineficientes para as tolerâncias consideradas na análise, salientando a dificuldade de melhorar a eficiência destes POs.

Q4: "Que tipo de regiões conseguiram obter um melhor desempenho?"

(1) As nossas conclusões parecem corroborar o aparente paradoxo da Política de Coesão da UE, uma vez que os POs que são mais frequentemente vistos como *benchmark*, segundo a meta-fronteira pertencem a regiões mais desenvolvidas. Com efeito, se não tivéssemos agrupado os POs conforme o tipo de região, teríamos apenas 2 POs eficientes nas regiões menos desenvolvidas (em vez dos 13 obtidos nas fronteiras dos *clusters* considerados).

(2) O *gap* tecnológico alcançado pelos POs em regiões menos desenvolvidas sugere que estes produzem, em média, apenas cerca de 39.2%, do *output* potencial, dada a tecnologia disponível para este tipo de POs nos países da UE. Por conseguinte, estes resultados sugerem uma associação positiva entre a eficiência da aplicação dos POs e as circunstâncias socioeconómicas mais vantajosas das regiões onde os POs são implementados.

Por último, estamos conscientes de que, embora os indicadores de desempenho forneçam um conjunto de métricas comuns para avaliar os diferentes POs, não é possível uma correspondência total entre os dados respeitantes aos indicadores de realização e de execução financeira. Esta situação verifica-se, em particular, no que diz respeito à prioridade de investimento dedicada às PMEs (prioridade de investimento 4b), que se centra na promoção da eficiência energética e das energias renováveis, uma vez que, apesar de possuir dados relativos aos indicadores de realização, não dispõe de dados com esse nível de detalhe na implementação financeira. Por outro lado, os dados relatados são muitas vezes inexistentes, conduzindo à consideração de um número menor de indicadores e de POs na avaliação.

Finalmente, no que se refere ao estudo apresentado em Gouveia *et al.* (2022), concluiu-se em relação às questões de investigação o seguinte:

Q1: "Que critérios são fundamentalmente responsáveis pela utilização in(eficiente) dos fundos destinados a promover uma EH nos EMs da UE?"

Os critérios que mais explicam o melhor desempenho dos EMs foram o "financiamento aprovado" seguido de "financiamento executado". Adicionalmente, apenas quatro dos dez países eficientes (Bulgária, Espanha, Itália e Polónia) explicaram o seu desempenho eficiente fundamentalmente com base "redução de GEE". Por outro lado, os países ineficientes devem reduzir, fundamentalmente, a "redução de GEE" e o "cofinanciamento da UE". Estes resultados sugerem que, para os países ineficientes, deve haver uma maior preocupação quer no que diz respeito à escolha dos projetos que conduzam à redução de GEE, quer no que se refere à dependência dos subsídios da UE.

Q2: "Que EMs foram eleitos como referência de melhores práticas ao longo de todo o período de programação?"

Os quatro países classificados mais frequentemente como referência de melhores práticas foram a Eslováquia (oito vezes), seguidos *ex aequo* pela Áustria e Malta (cinco vezes), Espanha (quatro vezes), Bulgária e Lituânia (três vezes), e Letónia (duas vezes).

Q3: "Que EMs demonstram maior robustez face a alterações de dados?"

A Áustria, Bulgária, Espanha, Malta, Lituânia e Suécia são robustamente eficientes para ambas as tolerâncias (5% e 10%). A Bélgica, Chipre, Grécia, Luxemburgo e Portugal são robustamente ineficientes para ambas as tolerâncias de 5% e 10%.

A Letónia é robustamente eficiente para uma tolerância de 5%, mas potencialmente eficiente para uma tolerância de 10%. A Alemanha e a Roménia são robustamente ineficientes para uma tolerância de 5% e potencialmente eficientes para uma tolerância de 10%. Os restantes países são potencialmente eficientes para ambas as tolerâncias.

Globalmente, é possível concluir que a Espanha é o país mais robusto e eficiente. Por outro lado, embora a Eslováquia seja mais frequentemente vista como um país de referência de boas práticas, só é potencialmente eficiente para ambas as tolerâncias.

Em suma, os nossos resultados mostram que a maioria dos EMs da UE que têm efetivamente promovido a adoção de energias renováveis (ver, por exemplo, Alemanha (ineficiente), Espanha (eficiente), França (ineficiente), e Itália (eficiente)), quando eficientes na utilização do FEDER dedicado a uma EH, valorizam a redução das emissões de GEE para atingir a sua eficiência; contudo, quando ineficientes, não precisam de reduzir as emissões de GEE para se tornarem eficientes, sendo considerados utilizadores excessivos deste tipo de fundos da UE. Adicionalmente, é possível observar uma alteração de paradigma, particularmente na Polónia e Eslováquia, que tradicionalmente resistiam a uma transição para uma EH. Note-se também que estes países se encontravam muito expostos a perturbações no fornecimento de energia, eram extremamente dependentes de petróleo, dependiam regularmente da Rússia como um fornecedor, e estavam situados na periferia da UE. Assim, esta mudança de atitude em relação à adoção de uma EH, particularmente no caso da Polónia, Eslováquia, e outros países do Leste da UE, como a Letónia, Lituânia, e Bulgária, pode ser parcialmente explicada pela anexação da Crimeia em 2014 (o horizonte temporal desta análise é 2014-2020). No entanto, outros países como a Roménia, Hungria e República Checa não conseguiram executar estes fundos de forma eficiente. Considerando estes resultados, a UE ainda precisa de promover políticas que garantam benefícios económicos do investimento numa EH, particularmente nos países com menores recursos, oferecendo-lhes melhores condições financeiras e *know-how*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E ELETRÓNICAS

- Almeida PN, LC Dias, Value-based DEA models: application-driven developments, *Journal of the Operational Research Society* 2012, 63, 16-27. <https://doi.org/10.1057/jors.2011.15>.
- Anderson, H.J.; Stejskal, J. Diffusion efficiency of innovation among EU member states: A data envelopment analysis. *Economies* 2019, 7, 34. <https://doi.org/10.3390/economies7020034>.
- Aigner, D.; Lovell, C.A.K.; Schmidt, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *J. Econom.* 1977, 6, 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- Apa, R.; De Marchi, V.; Grandinetti, R.; Sedita, S. R. University-SME collaboration and innovation performance: the role of informal relationships and absorptive capacity. *The Journal of Technology Transfer*. 2021, 46(4), 961-988.
- Athanassopoulos, A.D. Assessing the comparative spatial disadvantage (CSD) of regions in the European Union using non-radial data envelopment analysis methods. *Eur. J. Oper. Res.* 1996, 94, 439-452. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00114-X](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00114-X).
- Avkiran, N.; Rowlands, T. How to Better Identify the True Managerial Performance: State of the Art Using DEA. *Omega* 2008, 36, 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.01.002>.
- Banker, R.D.; Charnes, A.; Cooper, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manag. Sci.* 1984, 30, 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.
- Barbero, J.; Diukanova, O.; Gianelle, C.; Salotti, S.; Santoalha, A. Economic modelling to evaluate Smart Specialisation: An analysis of research and innovation targets in Southern Europe. *Reg. Stud.* 2022, 1-14. <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1926959>.
- Bachtler, J.; Ferry, M.; Gal, F. Financial Implementation of European Structural and Investment Funds. 2018. Available online: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/621785/IPOL\\_STU\(2018\)621785\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/621785/IPOL_STU(2018)621785_EN.pdf) (accessed on 25 April 2022).
- Bąk, I.; Barwińska-Małajowicz, A.; Wolska, G.; Walawender, P.; Hydzik, P. Is the European Union Making Progress on Energy Decarbonisation While Moving towards Sustainable Development? *Energies* 2021, 14, 3792. <https://doi.org/10.3390/en14133792>.
- Battese, G.E.; Rao, D.P.; O'Donnell, C.J. A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *J. Product. Anal.* 2004, 21, 91-103. <https://doi.org/10.1023/B:PROD.0000012454.06094.29>.
- Belitz, H.; Lejpras, A. Financing patterns of R&D in small and medium-sized enterprises and the perception of innovation barriers in Germany. *Sci. Public Policy* 2016, 43, 245-261. <https://doi.org/10.1093/scipol/scv027>.
- Berkowitz, P.; Monfort, P.; Pieńkowski, J. Unpacking the growth impacts of European Union Cohesion Policy: Transmission channels from Cohesion Policy into economic growth. *Reg. Stud.* 2020, 54, 60-71. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1570491>.
- Bianchi, M.; Campodall'Orto, S.; Frattini, F.; Vercesi, P. Enabling open innovation in small-and medium-sized enterprises: How to find alternative applications for your technologies. *R&D Manag.* 2010, 40, 414-431. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00613.x>.
- Billon, M.; Lera-Lopez, F.; Marco, R. ICT use by households and firms in the EU: Links and determinants from a multivariate perspective. *Rev. World Econ.* 2016, 152, 629-654. <https://doi.org/10.1007/s10290-016-0259-8>.
- Billon, M.; Marco, R.; Lera-Lopez, F. Innovation and ICT use by firms and households in the EU: A multivariate analysis of regional disparities. *Inf. Technol. People* 2017, 30, 424-448. <https://doi.org/10.1108/itp-05-2015-0098>.
- Bouncken, R.B.; Friedrich, V.; Kraus, S. Configurations of firm-level value capture in coopetition. *Long Range Plan.* 2020, 53, 101869. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2019.02.002>.
- Bubbico, R.L.; de Michelis, N. The Financial Execution of Structural Funds. *Regional Focus Working Paper n.3/2011*. 2011. Disponível em: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/focus/2011\\_03\\_financial.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/focus/2011_03_financial.pdf) (acedido em 11 de abril de 2022).



- Bukvić, I.B.; Babic, I.D.; Starcevic, D.P. Study on the Utilization of ational and EU Funds in Financing Capital Investments of ICT Companies. In Proceedings of the 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 27 September–1 October 2021. <https://doi.org/10.23919/mipro52101.2021.9597077>.
- Calignano, G.; Tripl, M. Innovation-driven or challenge-driven participation in international energy innovation networks? Empirical evidence from the H2020 programme. *Sustainability* 2020, 12, 4696. <https://doi.org/10.3390/su12114696>.
- Charnes, A.; Cooper, W.W.; Golany, B.; Seiford, L.; Stutz, J. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *J. Econom.* 1985, 30, 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.; Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* 1978, 2, 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- Chen, P.-C.; Yu, M.-M.; Chang, C.-C.; Hsu, S.-H.; Managi, S. Nonradial Directional Performance Measurement with Unde-sirable Outputs: An Application to OECD and Non-OECD Countries. *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.* 2015, 14, 481–520. <https://doi.org/10.1142/s0219622015500091>.
- Cheng, P.; Jin, Q.; Jiang, H.; Hua, M.; Ye, Z. Efficiency assessment of rural domestic sewage treatment facilities by a slacked-based DEA model. *J. Clean. Prod.* 2020, 267, 122111. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122111>.
- Comissão Europeia. Guidance Document on Monitoring and Evaluation; European Cohesion Fund, European Regional Development Fund. Concepts and Recommendations. 2014. Disponível em: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/informat/2014/guidance\\_monitoring\\_evaluation\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/2014/guidance_monitoring_evaluation_en.pdf) (acedido em 25 de abril de 2022).
- Comissão Europeia. Evaluation of Cohesion Policy in the Member States. 2021. Disponível em: <https://cohesiondata.ec.europa.eu/stories/s/suip-d9qs> (acedido em 19 de dezembro de 2021).
- Czarnitzki, D.; Hussinger, K. Input and output additionality of R&D subsidies. *Appl. Econ.* 2018, 50, 1324–1341. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1361010>.
- Dahlander, L.; Gann, D.M. How open is innovation? *Res. Policy* 2010, 39, 699–709. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.013>.
- Dakpo, K.H.; Desjeux, Y.; Latruffe, L. sfar: Stochastic Frontier Analysis Using R. R Package Version 0.1.1. 2022. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=sfar/> (acedido em 1 de julho de 2022).
- Di Comit, F.; Lecca, P.; Monfort, P.; Persyn, D.; Piculescu, V. The Impact of Cohesion Policy 2007–2015 in EU Regions: Simulations with the RHOMOLO Interregional Dynamic General Equilibrium Model; JRC Working Papers on Territorial Modelling and Analysis No. 03/2018; European Commission, Joint Research Centre (JRC): Seville, Spain, 2018. Available online: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/202268/1/jrc-wptma201803.pdf> (accessed on 11 April 2022).
- Diukanova, O.; Mandras, G.; di Comit, F. Modelling the Effects of R&I and Low-Carbon European Structural Funds: The Case of Apulia, Italy. *Sci. Reg.* 2022, 21, 9–38. <https://doi.org/10.14650/103213>.
- Duarte, F.A.; Madeira, M.J.; Moura, D.C.; Carvalho, J.; Moreira, J.R.M. Barriers to innovation activities as determinants of ongoing activities or abandoned. *Int. J. Innov. Sci.* 2017, 9, 244–264. <https://doi.org/10.1108/IJIS-01-2017-0006>.
- Durlauf, S. The rise and fall of cross-country growth regressions. *Hist. Political Econ.* 2009, 41, 315–333. <https://doi.org/10.1215/00182702-2009-030>.
- European Economic and Social Committee. Assessment of the Effectiveness of the EU SME Policies 2007–2015. 2017. Disponível em: <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/qe-02-17-762-en-n.pdf> (acedido em 19 de dezembro de 2021).
- Fattorini, L.; Ghodsi, M.; Rungi, A. Cohesion policy meets heterogeneous firms. *JCMS J. Common Mark. Stud.* 2020, 58, 803–817. <https://doi.org/10.1111/jcms.12989>.
- Fried, H.O.; Lovell, C.A.K.; Schmidt, S.S.; Yaisawarnng, S. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. *J. Product. Anal.* 2002, 17, 157–174. <https://doi.org/10.1023/a:1013548723393>.
- García-Quevedo, J.; Segarra-Blasco, A.; Teruel, M. Financial constraints and the failure of innovation projects. *Technol. Forecast. Soc. Change* 2018, 127, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.029>.
- Gardocka-Jałowicz, A.; Wierzbicka, K. Barriers to Creating Innovation in the Polish Economy in the Years 2012–2016. *Stud. Log. Gramm. Rhetor.* 2019, 59, 211–225. <https://doi.org/10.2478/slgr-2019-0038>.
- Giotopoulos, I.; Kontolaimou, A.; Korra, E.; Tsakanikas, A. What drives ICT adoption by SMEs? Evidence from a large-scale survey in Greece. *J. Bus. Res.* 2017, 81, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.08.007>.
- Gómez-García, J.; Enguix, M.D.R.M.; Gómez-Gallego, J.C. Estimation of the efficiency of structural funds: A parametric and nonparametric approach. *Appl. Econ.* 2012, 44, 3935–3954. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.583224>.
- Gouveia, M. C., Dias, L. C., & Antunes, C. H. Additive DEA based on MCDA with imprecise information. *Journal of the Operational Research Society*. 2008 59(1), 54–63. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602317>.
- Gouveia, M. C., Dias, L. C., & Antunes, C. H. Super-efficiency and stability intervals in additive DEA, *Journal of the Operational Research Society* 2013, 64:1, 86–96. <https://doi.org/10.1057/jors.2012.19>.
- Gouveia, M.; Henriques, C.; Amaro, A. Is the Cohesion Policy Efficient in Supporting the Transition to a Low-Carbon Economy? Some Insights with Value-Based Data Envelopment Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 11587. <https://doi.org/10.3390/su141811587>.
- Gouveia, M.C.; Henriques, C.O.; Costa, P. Evaluating the efficiency of structural funds: An application in the competitiveness of SMEs across different EU beneficiary regions. *Omega* 2021, 101, 102265. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102265>.
- Gramillano, A.; Celotti, P.; Familiari, G.; Schuh, B.; Nordstrom, M. Development of a system of common indicators for European Regional Development Fund and Cohesion Fund interventions after 2020. Study for the DG for Regional and Urban Policy, European Commission. Study Prep. Dir.-Gen. Reg. Urban Policy Eur. Comm. 2018, 10, 279688. Disponível em: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/studies/pdf/indic\\_post2020/indic\\_post2020\\_p2\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/indic_post2020/indic_post2020_p2_en.pdf) (acedido 11 de abril 2022).
- Hammadou, H.; Paty, S.; Savona, M. Strategic interactions in public R&D across European countries: A spatial econometric analysis. *Res. Policy* 2014, 43, 1217–1226. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.01.011>.

- Hanna, R.; Xu, Y.; Victor, D.G. After COVID-19, green investment must deliver jobs to get political traction. *Nature* 2020, 582, 178–180. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01682-1>.
- Henriques, C.O.; Marcenaro-Gutierrez, O.D. Efficiency of Secondary Schools in Portugal: A Novel DEA Hybrid Approach. *Socio-Econ. Plan. Sci.* 2021, 74, 100954. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100954>.
- Henriques, C. O.; Chavez, J. M.; Gouveia, M. C.; Marcenaro-Gutierrez, O. D. Efficiency of secondary schools in Ecuador: A value based DEA approach. *Socio-Econ. Plan. Sci.* 2022, 82, 101226. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101226>
- Henriques, C. O.; Gouveia, M. C. Assessing the impact of COVID-19 on the efficiency of Portuguese state-owned enterprise hospitals. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101387. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101387>
- Henriques, C.; Viseu, C. Evaluating the reasons behind the inefficient implementation of ERDF devoted to R&I in SMEs. In *EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy (EvEUCoP 2022)*, Henriques, C. and Viseu, C. (Eds.). 2022a. pp. 7–22, Springer.
- Henriques, C.; Viseu, C. How Efficient Is the Implementation of Structural Funds Committed to Enhancing ICT Adoption in SMEs? *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2022b, 8, 147. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030147>
- Henriques, C.; Viseu, C. Are ERDFs Devoted to Boosting ICTs in SMEs Inefficient? A Three-Stage SBM Approach. *Sustainability* 2022c, 14, 10552. <https://doi.org/10.3390/su141710552>
- Henriques, C.; Viseu, C. Are ERDF devoted to boosting ICT in SMEs inefficient? Insights through different DEA models. In *EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy (EvEUCoP 2022)*, Henriques, C. and Viseu, C. (Eds.). 2022d. pp. 23–32, Springer.
- Henriques, C.; Viseu, C. Are ERDF devoted to boosting ICT in SMEs inefficient? Further insights through the joint use of DEA with SFA models. In *EU Cohesion Policy Implementation - Evaluation Challenges and Opportunities. Proceedings of the 1st International Conference on Evaluating Challenges in the Implementation of EU Cohesion Policy (EvEUCoP 2022)*, Henriques, C. and Viseu, C. (Eds.). 2022e. pp. 33–43, Springer.
- Henriques, C.; Viseu, C.; Neves, M.; Amaro, A.; Gouveia, M.; Trigo, A. How Efficiently Does the EU Support Research and Innovation in SMEs? *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2022a, 8, 92. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020092>.
- Henriques, C.; Viseu, C.; Trigo, A.; Gouveia, M.; Amaro, A. How Efficient Is the Cohesion Policy in Supporting Small and Mid-Sized Enterprises in the Transition to a Low-Carbon Economy? *Sustainability* 2022b, 14, 5317. <https://doi.org/10.3390/su14095317>.
- Hervás-Oliver, J.L.; Parrilli, M.D.; Rodríguez-Pose, A.; Sempere-Ripoll, F. The drivers of SME innovation in the regions of the EU. *Res. Policy* 2021, 50, 104316. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104316>.
- Hollanders, H. *Regional Innovation Scoreboard 2021*; European Commission: Brussels, Belgium, 2021. <https://doi.org/10.2873/674111>.
- Hölzl, W.; Janger, J. Distance to the frontier and the perception of innovation barriers across European countries. *Res. Policy* 2014, 43, 707–725. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.001>.
- Hu, W.; Guo, Y.; Tian, J.; Chen, L. Eco-efficiency of centralized wastewater treatment plants in industrial parks: A slack-based data envelopment analysis. *Resour. Conserv. Recycl.* 2019, 141, 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.020>.
- Hughes, A.; Yaisawarng, S. Sensitivity and dimensionality tests of DEA efficiency scores. *Eur. J. Oper. Res.* 2004, 154, 410–422. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00178-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00178-4).
- James, G.; Witten, D.; Hastie, T.; Tibshirani, R. *An Introduction to Statistical Learning*; Springer: New York, NY, USA, 2021; ISBN 9781071614174.
- Jiang, H.; Hua, M.; Zhang, J.; Cheng, P.; Ye, Z.; Huang, M.; Jin, Q. Sustainability efficiency assessment of wastewater treatment plants in China: A Data Envelopment Analysis Based on Cluster Benchmarking. *J. Clean. Prod.* 2020, 244, 118729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118729>.
- Jondrow, J.; Knox Lovell, C.A.; Materov, I.S.; Schmidt, P. On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *J. Econom.* 1982, 19, 233–238. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(82\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(82)90004-5).
- Kersan-Škabić, I.; Tijanić, L. Regional absorption capacity of EU funds. *Econ. Res. -Ekon. Istraživanja* 2017, 30, 1192–1208. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2017.1340174>.
- Kleibrink, A.; Niehaves, B.; Palop, P.; Sörvik, J.; Thapa, B.E.P. Regional ICT Innovation in the European Union: Prioritization and Performance (2008–2012). *J. Knowl. Econ.* 2015, 6, 320–333. <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0240-0>.
- Kobarg, S.; Stumpf-Wollersheim, J.; Welp, I. M. University-industry collaborations and product innovation performance: The moderating effects of absorptive capacity and innovation competencies. *The Journal of Technology Transfer.* 2018, 43(6), 1696–1724. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9583-y>
- Lee, S.; Park, G.; Yoon, B.; Park, J. Open innovation in SMEs—An intermediated network model. *Res. Policy* 2010, 39, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.12.009>.
- Leydesdorff, L.; Ivanova, I. “Open innovation” and “triple helix” models of innovation: Can synergy in innovation systems be measured? *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2016, 2, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0039-7>.
- Martinez-Cillero, M.; Lawless, M.; O’Toole, C.; Slaymaker, R. Financial Frictions and the SME Investment Gap: New Survey Evidence for Ireland. *Ventur. Cap.* 2020, 22, 239–259. <https://doi.org/10.1080/13691066.2020.1771826>.
- Marzinotto, B. The growth effects of EU cohesion policy: A meta-analysis. *Bruegel Work. Pap.* 2012, 14. Available online: [http://bruegel.org/wp-content/uploads/imported/publications/WP\\_2012\\_14\\_cohesion\\_\\_2\\_.pdf](http://bruegel.org/wp-content/uploads/imported/publications/WP_2012_14_cohesion__2_.pdf) (accessed on 2 January 2022).
- Mascarenhas, C.; Marques, C.S.; Ferreira, J.J.; Galvão, A.R. The influence of research and innovation strategies for smart specialization (Ris3) on university-industry collaboration. *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2021, 7, 82. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010082>.



- Müller, J.M.; Buliga, O.; Voigt, K.I. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. *Eur. Manag. J.* 2021, 39, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.01.002>.
- Meeusen, W.; van Den Broeck, J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *Int. Econ. Rev.* 1977, 18, 435. <https://doi.org/10.2307/2525757>.
- Neokosmidis, I.; Avaritsiotis, N.; Ventoura, Z.; Varoutas, D. Assessment of the gap and (non-)Internet users evolution based on population biology dynamics. *Telecommun. Policy* 2015, 39, 14–37. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.10.006>.
- Neto, P.; Santos, A. Guidelines for territorial impact assessment applied to regional research and innovation strategies for smart specialisation. In *Territorial Impact Assessment*; Medeiros, E., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 211–230. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54502-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54502-4_12).
- Ortiz, R.; Fernandez, V. Business perception of obstacles to innovate: Evidence from Chile with pseudo-panel data analysis. *Res. Int. Bus. Financ.* 2022, 59, 101563. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101563>.
- Pellegrin, J.; Colnot, L.; Arendt, Ł.; Bisaschi, L.; Catalano, G.; Martinaitis, Ž.; Micheletti, G. Research for REGI Committee-Digital Agenda and Cohesion Policy. European Parliament. 2018. Disponível online em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/617485/IPOL\\_STU\(2018\)617485\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/617485/IPOL_STU(2018)617485_EN.pdf) (acedido em 30 de maio de 2022).
- Pilecki, B. Regional operational programs 2014–2020 as a financial instrument supporting low-carbon economy in Poland on the example of the West Pomeranian Voivodeship. *Eur. J. Serv. Manag.* 2018, 27, 211–216. <https://doi.org/10.18276/ejsm.2018.27/1-26>.
- Radicic, D.; Pugh, G. R&D programmes, policy mix, and the ‘European paradox’: Evidence from European SMEs. *Sci. Public Policy* 2017, 44, 497–512. <https://doi.org/10.1093/scipol/scw077>.
- Rajalo, S.; Vadi, M. University-industry innovation collaboration: Reconceptualization. *Technovation*. 2017, 62–63, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.04.003>.
- Ramadani, V.; Hisrich, R.D.; Abazi-Alili, H.; Dana, L.P.; Panthi, L.; Abazi-Bexheti, L. Product innovation and firm performance in transition economies: A multi-stage estimation approach. *Technol. Forecast. Soc. Change* 2019, 140, 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.010>.
- Reggi, L.; Gil-Garcia, J.R. Addressing territorial digital divides through ICT strategies: Are investment decisions consistent with local needs?. *Gov. Inf. Q.* 2020, 38, 101562. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101562>.
- Reggi, L.; Scicchitano, S. Are EU regional digital strategies evidence-based? An analysis of the allocation of 2007–13 Structural Funds. *Telecommun. Policy* 2014, 38, 530–538. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2013.12.007>.
- Rodríguez-Pose, A.; Wilkie, C. Innovating in less developed regions: What drives patenting in the lagging regions of Europe and North America. *Growth and Change*. 2019, 50(1), 4–37. <https://doi.org/10.1111/grow.12280>.
- Romero-Martínez, A.M.; Fernández-Rodríguez, Z.; Vázquez-Inchausti, E. Exploring corporate entrepreneurship in privatized firms. *J. World Bus.* 2010, 45, 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2009.04.008>.
- Ruiz-Rodríguez, F.; Lucendo-Monedero, A.L.; González-Relaño, R. Measurement and characterisation of the Digital Divide of Spanish regions at enterprise level. A comparative analysis with the European context. *Telecommun. Policy* 2018, 42, 187–211. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.11.007>.
- Santos, A.; Cincera, M.; Neto, P.; Serrano, M.M. Which projects are selected for an innovation subsidy? The Portuguese case. *Port. Econ. J.* 2019, 18, 165–202. <https://doi.org/10.1007/s10258-019-00159-y>.
- Sein, Y.Y.; Prokop, V. Mediating Role of Firm R&D in Creating Product and Process Innovation: Empirical Evidence from Norway. *Economies* 2021, 9, 56. <https://doi.org/10.3390/economies9020056>.
- Serbanica, C. Best Practices in Universities’ Regional Engagement. Towards Smart Specialisation. *Eur. J. Interdiscip. Stud.* 2012, 4, 45. Disponível em: <https://ejist.ro/files/pdf/362.pdf> (acedido em 5 de maio de 2022).
- Stojčić, N.; Srhoj, S.; Coad, A. Innovation procurement as capability-building: Evaluating innovation policies in eight Central and Eastern European countries. *Eur. Econ. Rev.* 2020, 121, 103330. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2019.103330>.
- Thum-Thysen, A.; Voigt, P.; Bilbao-Osorio, B.; Maier, C.; Ognyanova, D. Investment dynamics in Europe: Distinct drivers and barriers for investing in intangible versus tangible assets? *Struct. Change Econ. Dyn.* 2019, 51, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.06.010>.
- Tone, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *Eur. J. Oper. Res.* 2001, 130, 498–509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5).
- Tone, K.; Tsutsui, M. How to deal with non-convex frontiers in Data Envelopment Analysis. *J. Optim. Theory Appl.* 2015, 166, 1002–1028. <https://doi.org/10.1007/s10957-014-0626-3>.
- Tone, K.; Tsutsui, M. Network DEA: A slacks-based measure approach. *Eur. J. Oper. Res.* 2009a, 197, 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027>.
- Tone, K., & Tsutsui, M. Tuning regression results for use in multi-stage data adjustment approach of DEA (< Special Issue> Operations Research for Performance Evaluation). *J. Oper. Res. Soc. of Japan*. 2009b, 52(2), 76–85. <https://doi.org/10.15807/jorsj.52.76>.
- Tone, K.; Tsutsui, M. How to deal with non-convex frontiers in Data Envelopment Analysis. *J. Optim. Theory Appl.* 2015, 166, 1002–1028. <https://doi.org/10.1007/s10957-014-0626-3>.
- Tsutsui, M.; Goto, M. A multi-division efficiency evaluation of US electric power companies using a weighted slacks-based measure. *Socio-Econ. Plan. Sci.* 2009, 43, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2008.05.002>.
- Tybout, J.R. Manufacturing firms in developing countries: How well do they do, and why? *J. Econ. Lit.* 2000, 38, 11–44. <https://doi.org/10.1257/jel.38.1.11>.
- Van de Vrande, V.; de Jong, J.P.; Vanhaverbeke, W.; de Rochemont, M. Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. *Technovation* 2009, 29, 423–437. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.10.001>.
- Von Winterfeldt D, Edwards W, *Decision analysis behavioural research*, Cambridge University Press, New York, 1986.

Wostner, P.; Šlander, S. The Effectiveness of EU Cohesion Policy Revisited: Are EU Funds Really Additional? European Policies Research Centre. 2019. Available online: [https://www.researchgate.net/profile/Peter\\_Wostner/publication/228427571\\_The\\_effectiveness\\_of\\_EU\\_cohesion\\_policy\\_revisited\\_a\\_re\\_EU\\_funds\\_really\\_additional/links/0c96052af0d2e434f1000000/The-effectiveness-of-EU-cohesion-policy-revisited-are-EU-funds-really-additional.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Peter_Wostner/publication/228427571_The_effectiveness_of_EU_cohesion_policy_revisited_a_re_EU_funds_really_additional/links/0c96052af0d2e434f1000000/The-effectiveness-of-EU-cohesion-policy-revisited-are-EU-funds-really-additional.pdf) (accessed on 2 January 2022).

Zimmermann, V.; Thomä, J. SMEs Face a Wide Range of Barriers to Innovation-Support Policy Needs to be Broad-Based, KfW Research Focus on Economics, 2016, 130, 1–8.

Zhou, X.; Rasool, S.F.; Yang, J.; Asghar, M.Z. Exploring the relationship between despotic leadership and job satisfaction: The role of self-efficacy and leader–member exchange. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 5307. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105307>.