

CATARINA OLIVEIRA CARRIÇO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE
RADIOLOGIA DA UNIÃO EUROPEIA ATRAVÉS
DA TÉCNICA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE ECONOMIA

2021

CATARINA OLIVEIRA CARRIÇO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE
RADIOLOGIA DA UNIÃO EUROPEIA ATRAVÉS
DA TÉCNICA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

Dissertação de Mestrado em Gestão de Unidades de Saúde

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Carla Amado

Professor Doutor Sérgio Santos



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE ECONOMIA

2021

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE RADIOLOGIA DA UNIÃO EUROPEIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Catarina Oliveira Carriço

© Copyright: Catarina Oliveira Carriço

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Concluída esta etapa, após uma longa caminhada, repleta de alegrias e também algumas dificuldades, resta-me agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desta dissertação de Mestrado.

Em primeiro lugar, um especial agradecimento aos meus orientadores, Professora Doutora Carla Amado e Professor Doutor Sérgio Santos, por todos os conselhos, orientações e sugestões, e também por todo o apoio, dedicação e disponibilidade ao longo da elaboração desta dissertação.

Agradeço também aos meus pais pelo apoio incondicional, pelo encorajamento e motivação que me transmitiram ao longo da realização desta dissertação e de todo o Mestrado, sempre me incentivando a continuar e nunca me deixando desistir.

Agradeço aos meus colegas de Mestrado e aos meus amigos, pela partilha de ideias e experiências e por me acompanharem nesta jornada.

A todos os que tornaram esta dissertação possível, o meu muito obrigada.

RESUMO

A Radiologia é uma especialidade médica que se destaca pela diferenciação e inovação tecnológica integradas em cada equipamento, pelo que o desenvolvimento tecnológico que tem ocorrido ao longo dos anos acarreta elevados custos, contribuindo para um aumento da despesa pública em saúde. Deste modo, avaliar o desempenho dos serviços de Radiologia, garantindo a sua eficiência, é fundamental para garantir melhores resultados nos cuidados de saúde prestados à população. O objetivo principal deste trabalho é aplicar a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA) para avaliar a eficiência dos serviços de Radiologia dos países da União Europeia (UE), identificando os países com melhores e piores resultados de eficiência. Para este estudo, foram utilizados dados do ano de 2015 para 22 países da União Europeia. Os resultados revelam uma variação na eficiência dos serviços de Radiologia nestes países, com uma média de eficiência técnica de 68,40% e um desvio-padrão de 27,12%, indicando assim a existência de diferenças entre países e de um potencial de melhoria para alguns. Dos 22 países em estudo, os serviços de Radiologia do Luxemburgo, da Bélgica e de Portugal foram considerados eficientes e servem de *benchmarks* para um número significativo de países. Estes resultados demonstram o potencial papel estratégico do DEA para o planeamento eficiente dos serviços de Radiologia de cada país.

Palavras-chave: Radiologia, eficiência, DEA, União Europeia

ABSTRACT

Radiology is a medical specialty that stands out for differentiation and technological innovation integrated into each equipment, this way the technological development that has taken place over the past years entails high costs, contributing to an increase in public health expenditure. Thus, evaluating the efficiency of Radiology services is essential to ensure better outcomes in population healthcare. The main purpose of this work is to apply Data Envelopment Analysis (DEA) to assess the efficiency of Radiology services in the European Union countries, identifying the ones with better and worst efficiency results. For this study, data from the year 2015 for 22 countries of the European Union were used. Results indicate that there is a remarkable variation in the efficiency of the Radiology services across these countries, with a technical efficiency average of 68,40% and a standard deviation of 27,12%, suggesting differences between countries and a potential of improvement for some of them. From the 22 countries under analysis, the Radiology services of Luxembourg, Belgium and Portugal were considered efficient and were identified as benchmarks to several other countries. These results demonstrate the potential strategic role of DEA for the efficient planning of Radiology services in each country.

Keywords: Radiology, efficiency, DEA, European Union

ÍNDICE GERAL

	Página
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Os sistemas de saúde na União Europeia e os custos associados	3
2.2. O conceito de eficiência	4
2.3. A técnica <i>Data Envelopment Analysis</i>	5
2.3.1. Orientação do modelo	6
2.3.2. Tipos de rendimentos de escala	7
2.3.3. Restrição aos pesos	8
2.3.4. Folgas.....	9
2.4. Estudos que avaliam a eficiência no setor da saúde.....	10
2.4.1. A Radiologia e a avaliação da eficiência.....	13
3. METODOLOGIA.....	17
3.1. Definição do modelo de DEA	17
3.2. Dados.....	19
4. RESULTADOS	23
4.1. Resultados de eficiência.....	23
5. DISCUSSÃO.....	28
5.1. Implicações práticas e políticas dos resultados	28
6. CONCLUSÕES	31
7. BIBLIOGRAFIA	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 – Conversão de <i>inputs</i> em <i>outputs</i> pela DMU.....	5
Figura 2.2. – Representação da orientação <i>input</i>	6
Figura 2.3 – Representação da orientação <i>output</i>	6
Figura 2.4 – Fronteiras de eficiência nos modelos com pressupostos CRS e VRS.....	8
Figura 2.5 – Folgas nos <i>outputs</i>	9

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 3.1 – Variáveis utilizadas na técnica DEA para avaliar a eficiência dos serviços de Radiologia.....	18
Tabela 3.2 – Dados usados na técnica DEA para calcular a eficiência dos países	22
Tabela 4.1 – Valores de eficiência obtidos pela técnica DEA.....	23
Tabela 4.2 – Proporção de peso atribuída a cada <i>input</i> e a cada <i>output</i> , resultados obtidos para o modelo com pressuposto VRS	25
Tabela 4.3 – <i>Benchmarks</i> e valores dos respectivos coeficientes, resultados obtidos para o modelo com pressuposto VRS	27

LISTA DE ABREVIATURAS

CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
EMS	<i>Efficiency Measurement System</i>
KPI	Indicadores de Desempenho
MCDT	Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica
PIB	Produto Interno Bruto
RM	Ressonância Magnética
TC	Tomografia Computorizada
UE	União Europeia
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>

1. INTRODUÇÃO

A Radiologia é uma especialidade médica que se encontra integrada na área dos meios complementares de diagnóstico e terapêutica (MCDT) juntamente com outras especialidades médicas como as Análises Clínicas, a Anatomia Patológica, a Neurofisiologia, a Medicina Nuclear, entre outras (Pisco, 2009). Esta área é composta por diversas valências, incluindo a radiologia convencional, radiologia de intervenção, ecografia, mamografia, angiografia, tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), e tem como objetivo a obtenção de imagens médicas que complementem um diagnóstico, tornando-o o mais rigoroso possível (Soares, 2015).

Sem a colaboração da Radiologia, muitas especialidades médicas teriam dificuldades em adotar medidas eficazes no tratamento ou na diminuição das consequências inerentes aos agentes causadores das patologias, pelo que, esta área assume um papel fundamental na intervenção médica, nas decisões terapêuticas a estabelecer aos doentes, na monitorização dos tratamentos e na previsão dos resultados (European Society of Radiology, 2010).

O Técnico de Radiologia é responsável pela execução dos exames de imagem médica, desde o manuseamento dos equipamentos à preparação e orientação dos doentes durante todo o exame, garantindo a obtenção de imagens de qualidade diagnóstica e assegurando os critérios de proteção radiológica (European Society of Radiology, 2010). Por outro lado, o Médico Radiologista é responsável pela definição dos protocolos de aquisição dos exames, interpretação dos mesmos e realização dos relatórios médicos, nomeadamente dos exames de TC e RM, auxiliando assim no diagnóstico (Nakajima et al., 2008).

A Radiologia, pouco mais de um século após a descoberta dos raios-X, por *Wilhelm Conrad Roentgen*, sempre se destacou pela marcada diferenciação e inovação tecnológica incorporadas em cada equipamento, aliadas a programas avançados de software médico (Pisco, 2009). O desenvolvimento tecnológico exponencial que tem sofrido ao longo dos últimos anos traduz-se em elevados custos de investigação e desenvolvimento sendo um dos fatores responsáveis para o aumento da despesa pública em saúde (Pisco, 2009).

Esta evolução tecnológica tem originado diversas alterações nos protocolos utilizados, provocando um impacto na investigação médica, na prevenção de processos patológicos, no diagnóstico clínico e nos resultados terapêuticos, pelo que, uma melhoria na eficiência dos serviços de Radiologia é atualmente encarada pela população como um requisito,

tornando-se assim extremamente importante avaliar o desempenho destes serviços (Pisco, 2009). A avaliação de desempenho é importante para o desenvolvimento de melhores práticas que conduzem, conseqüentemente, a melhores resultados nos cuidados de saúde e, sendo a Radiologia um dos recursos mais utilizados num hospital, torna-se crucial garantir a sua eficiência (Abujudeh et al., 2010).

Quando aplicada a um nível macro, uma avaliação e comparação de serviços de Radiologia de vários sistemas de saúde internacionais vai permitir às entidades responsáveis conhecerem o desempenho dos serviços de saúde dos seus países em relação aos seus pares, sendo esta avaliação vantajosa para compartilhar experiências na resolução de problemas comparáveis e na identificação das melhores e piores práticas, para assim poderem adotar estratégias mais eficazes a fim de atingir a sustentabilidade e a melhor qualidade dos serviços de Radiologia (Lo Storto & Goncharuk, 2017).

Tendo em conta este contexto surge a realização desta dissertação de Mestrado, que tem por base avaliar a eficiência dos serviços de Radiologia da União Europeia (UE), através da aplicação da técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA). Os principais objetivos desta dissertação prendem-se assim com o estudo da eficiência dos serviços de Radiologia dos países da União Europeia através da avaliação, comparação e identificação dos países que apresentem melhores e piores resultados de eficiência.

A dissertação organiza-se ao longo de seis capítulos principais, sumariamente descritos: *A Introdução* que contextualiza a problemática que norteou o estudo, a sua importância e os seus objetivos; *a Revisão da Literatura* que proporciona o enquadramento teórico, abordando a União Europeia, o conceito de eficiência, a técnica *Data Envelopment Analysis*, os estudos internacionais e nacionais neste domínio, a área da Radiologia e alguns estudos de eficiência desenvolvidos nesta área; *a Metodologia* que explica os métodos utilizados e apresenta a técnica DEA desenvolvida para alcançar os objetivos propostos; *os Resultados e Discussão* em que são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos; e *Conclusão* que apresenta as principais conclusões que se retiraram da investigação. A dissertação inclui ainda a *Bibliografia* que enumera as referências bibliográficas utilizadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Os sistemas de saúde na União Europeia e os custos associados

Os sistemas de saúde da UE desde sempre que enfrentam desafios em virtude de inúmeros fatores, como o envelhecimento da população, o acesso desigual aos serviços de saúde, a distribuição irregular dos profissionais de saúde e das infraestruturas e, principalmente, os custos crescentes associados aos serviços de saúde (Lo Storto & Goncharuk, 2017).

Os custos em saúde constituem para a maioria dos países da UE uma questão política e representam uma parcela relativamente elevada nos orçamentos governamentais (Cetin & Bahce, 2016). Todavia estes custos são considerados socialmente aceites uma vez que contribuem inequivocamente para o benefício da saúde da população (Pisco, 2009). Em 2018, o total da despesa em saúde dos 28 países membros da UE representava 9,90% do produto interno bruto (PIB) (Eurostat, 2021).

Diversos fatores contribuem para a despesa em saúde, sendo um deles a evolução demográfica, uma vez que com o envelhecimento da população regista-se uma crescente procura e necessidade de cuidados de saúde, quer no tratamento de patologias quer no prolongar da expectativa de vida (Bhat, 2005). Na UE, a proporção da população com idades compreendidas entre os 65 e os 79 anos varia entre os 15,2% em Portugal e os 10,4% no Luxemburgo (Eurostat, 2021).

Outro dos fatores que contribui para os custos em saúde é a tecnologia. Para além dos gastos inerentes à própria evolução tecnológica, a crescente complexidade e o contínuo desenvolvimento obrigam a uma especialização permanente e uma atualização dos profissionais que se tornam cada vez mais qualificados (Bhat, 2005). Como verificado anteriormente, a Radiologia é possivelmente a área mais dependente da tecnologia e a evolução das últimas décadas tem contribuído para inovações desta área determinantes para o papel cada vez mais importante que desempenha no diagnóstico de patologias (Pisco, 2009).

Na última década, a recuperação económica e as restrições orçamentais de muitos países limitaram os recursos financeiros disponibilizados para o setor da saúde, comprometendo a sua sustentabilidade e qualidade (Lo Storto & Goncharuk, 2017). Deste modo, tornou-se imperativo uma alteração da gestão da saúde na Europa, tendo por objetivo a prestação

de serviços de saúde focados na eficiência dos recursos e dos gastos e simultaneamente numa melhoria da qualidade dos serviços (Lo Storto & Goncharuk, 2017). Avaliar a eficiência dos serviços de saúde, apesar de fundamental para uma melhoria contínua do estado de saúde da população, é um processo árduo que envolve gastos e que acarreta diversos problemas metodológicos (Asandului et al., 2014).

2.2. O conceito de eficiência

Na literatura científica, o conceito de eficiência tem sido exaustivamente estudado. Para Farrell (1957) o conceito de eficiência consiste na obtenção de um volume máximo de *outputs* para uma determinada quantidade de *inputs*, sendo que por *inputs* entende-se os recursos utilizados no processo produtivo e por *outputs* os resultados gerados.

Por outro lado, a produtividade pode ser definida pelo rácio entre o *output* produzido e o *input* consumido para que esse *output* fosse gerado (Gonçalves, 2008). A eficiência de uma organização é obtida através da comparação da sua produtividade com a maior produtividade observada entre as outras organizações, sendo esta medida de eficiência dependente da unidade de referência considerada para definir o máximo *output* produzido ou o mínimo *input* utilizado (Soares, 2015).

A eficiência total de uma organização pode ser obtida através da multiplicação da eficiência alocativa pela eficiência técnica. A eficiência alocativa avalia se para um dado nível de *output* se está a usar a combinação ótima de *inputs*, de forma a minimizar os custos (Tandon et al., 2014). Por outro lado, a eficiência técnica consiste em obter o máximo de *outputs* para um dado nível de *inputs* ou o mínimo de *inputs* para um dado nível de *outputs* (Lee, 2009). Por sua vez, a eficiência técnica resulta da multiplicação da eficiência técnica pura ou de gestão pela eficiência de escala, em que a eficiência técnica pura consiste na maximização dos *outputs* ou minimização dos *inputs*, dada a dimensão da organização, enquanto a eficiência de escala consiste na produção ao nível de escala ótimo, isto é, maximizando a produtividade média (Jaafaripooyan et al., 2017).

Deste modo, extrapolando para o contexto da Radiologia, a eficiência técnica pode ser vista como a relação física existente entre os *inputs* utilizados num serviço de Radiologia e os *outputs* gerados.

2.3. A técnica *Data Envelopment Analysis*

Como referido anteriormente, a medição da eficiência envolve a comparação do desempenho de uma organização com o de outra. Várias foram as técnicas desenvolvidas nas últimas décadas para permitir uma análise baseada nas melhores práticas observadas, destacando-se a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A técnica DEA surge como uma metodologia de avaliação da eficiência baseada na programação linear. O primeiro modelo foi originalmente proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e posteriormente estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984). É uma abordagem não paramétrica desenvolvida para medir a eficiência relativa de um conjunto de unidades organizacionais homogêneas (Castro, 2011). Estas unidades, designadas por *Decision Making Units* (DMUs), são responsáveis por converter *inputs* em *outputs* e executam atividades semelhantes, utilizando os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, podendo variar o nível de *inputs* e *outputs* observados (Cooper et al., 2007).

Figura 2.1 – Conversão de *inputs* em *outputs* pela DMU



Fonte: Adaptado de Fried et al. (2008)

A técnica DEA constrói uma fronteira de eficiência tendo por base as DMUs que apresentam rácios mais elevados entre *outputs* e *inputs* (Gonçalves, 2008). Esta fronteira é assim formada por um conjunto de segmentos lineares que une as DMUs eficientes entre si, baseando-se na melhor prática observada (Gonçalves, 2008).

Esta técnica possibilita comparar DMUs com múltiplos *inputs* e *outputs* e também agregar os resultados numa única medida de eficiência, em que cada DMU é avaliada pelo rácio de produtividade dessa unidade e da produtividade de uma ou várias unidades de referência (Castro, 2011).

Na abordagem à técnica DEA e para formular o modelo desejado deve-se atender a algumas considerações, nomeadamente: a orientação do modelo, o processo produtivo, a utilização de restrições de pesos e as folgas, que serão abordadas de seguida.

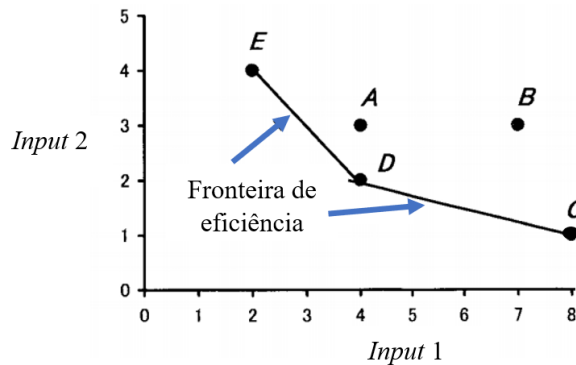
2.3.1. Orientação do modelo

Um dos primeiros passos a considerar na técnica DEA prende-se com a escolha da orientação do modelo, que pode assumir duas vertentes: orientação para minimização de *inputs*, quando se pretende produzir um determinado serviço com o mínimo de recursos disponíveis; e orientação para maximização de *outputs*, quando se pretende prestar o máximo de serviços possível com determinado nível de recursos (Asandului et al., 2014).

Em saúde, uma orientação *input* assume que os gestores têm um maior controlo sobre os *inputs* do que sobre os *outputs*, enquanto uma orientação *output* assume que os gestores conseguem aumentar os seus *outputs*, tendo em consideração os seus *inputs* a fim de aumentar a eficiência da sua organização (Ozcan, 2014).

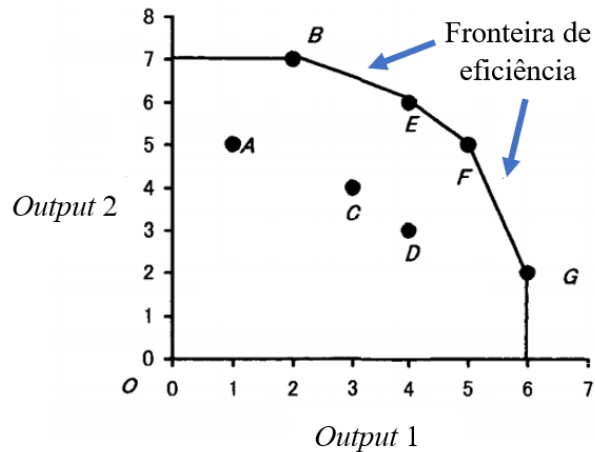
As figuras abaixo apresentam as duas orientações que a técnica DEA permite usar.

Figura 2.2. – Representação da orientação *input*



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (2007)

Figura 2.3 – Representação da orientação *output*



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (2007)

A figura 2.2 representa um modelo com orientação *input*, em que as DMUs **A** e **B** são em termos relativos ineficientes e as DMUs **E**, **D** e **C**, que se localizam na fronteira, são eficientes no sentido de *Pareto-Koopmans*. Esta eficiência é alcançada quando uma diminuição em qualquer *input* requer um aumento em outro *input*. As DMUs **E** e **D** representam *benchmarks* para **A** e as DMUs **D** e **C** representam *benchmarks* para **B**.

A figura 2.3 representa um modelo com orientação *output*, em que as DMUs **A**, **C** e **D** são em termos relativos ineficientes e as DMUs **B**, **E**, **F** e **G**, são eficientes no sentido de *Pareto-Koopmans*. Nestes casos, a eficiência é alcançada quando um aumento em qualquer *output* requer uma diminuição em pelo menos outro *output*. Ao projetar radialmente, por exemplo, a DMU **D** para a fronteira de eficiência, a distância entre **D** e a fronteira representa o potencial de melhoria desta DMU. Podemos também constatar que a DMU **D** tem como referências, para efeitos de aprendizagem, as DMUs **F** e **G**.

2.3.2. Tipos de rendimentos de escala

O passo seguinte na aplicação da técnica DEA relaciona-se com o definir se o processo produtivo da unidade opera em rendimentos constantes à escala (CRS – *Constant Returns to Scale*) ou em rendimentos variáveis à escala (VRS – *Variable Returns to Scale*).

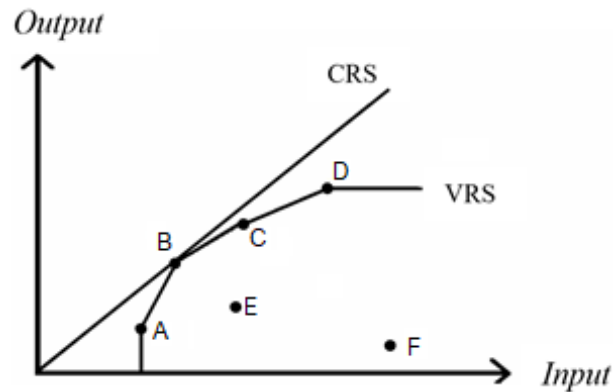
O modelo CRS, desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e, como tal, também conhecido como CCR, assume que existe uma variação proporcional dos *outputs* face a uma variação de *inputs* (Ozcan, 2014). O modelo CRS compara as DMUs com as que apresentam maior produtividade, considerando que as suas dimensões não irão afetar a eficiência, e avalia a eficiência técnica identificando as DMUs eficientes e ineficientes, determinando a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes (Farrell, 1957).

O modelo VRS, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984) e, como tal, também designado por modelo BCC, assume que um aumento nos *inputs* não tem de produzir um aumento proporcional correspondente de *outputs* (Ozcan, 2014). O modelo VRS implica que as DMUs sejam comparadas com outras de dimensões equivalentes (Soares, 2015).

Quando comparados os modelos, a fronteira de eficiência do modelo VRS como envolve mais dados, identifica um maior número de DMUs eficientes e as taxas de eficiência

tendem a ser iguais ou superiores às do modelo CRS (Ilyas et al., 2020). Devido à presença de mais do que uma DMU eficiente no modelo, as DMUs ineficientes no modelo VRS podem ser comparadas com DMUs eficientes mais adequadas (Ilyas et al., 2020).

Figura 2.4 – Fronteiras de eficiência nos modelos com pressupostos CRS e VRS



Fonte: Adaptado de Ilyas et al. (2020)

A figura 2.4 apresenta as fronteiras de eficiência consoante o rendimento de escala. Como verificado, no modelo CRS a fronteira de eficiência é uma linha reta que cruza o ponto de origem e a DMU **B** com o melhor desempenho, ou seja, aquela com maior rácio *output/input*. Esta DMU, constitui-se como *benchmark* para todas as outras DMUs sob análise. No modelo VRS, a fronteira de eficiência é representada por uma linha convexa, que une as DMUs eficientes e serve como ponto de referência para outras unidades ineficientes. Nesta figura definem-se como eficientes as DMUs **A**, **B**, **C** e **D**, localizadas na linha da fronteira.

2.3.3. Restrição aos pesos

Quando se consideram múltiplos *inputs* e *outputs*, assume-se que um *input* não é favorecido em relação a outro e que todos os *outputs* têm a mesma importância (Fried et al., 2008). Porém, a técnica DEA permite que uma DMU selecione que pesos atribuir a cada variável, atribuindo pesos mais elevados aos *inputs* e *outputs* que lhes permitem obter taxas de eficiência mais elevadas, e pesos mais baixos a outros (Figueiredo, 2010). O peso virtual atribuído a um *input* representa a percentagem de contribuição que essa variável tem no total dos *inputs*, do mesmo modo que o peso virtual de um *output* representa a percentagem de contribuição que esse *output* tem no total dos *outputs*. Como

Na figura 2.5, na projeção radial de **B** para a fronteira de eficiência, obtem-se **B'**, sendo por isso o potencial de melhoria desta DMU representado pela distância entre **B** e **B'**. Por outro lado, ao se projetar **A** para a fronteira, verifica-se não ser suficiente para que a DMU **A** se torne eficiente, pelo que esse valor terá de ser corrigido através da aplicação da folga (acréscimo no *output* 2 que vai desde o ponto A' até ao ponto C), uma vez que A pode melhorar mais no *output* 2 do que no *output* 1.

2.4. Estudos que avaliam a eficiência no setor da saúde

No setor de saúde existe uma grande quantidade de literatura voltada para a medição da eficiência destes setor, a níveis nacionais.

Du (2018) estudou a eficiência de 31 províncias da China, durante o ano de 2015, tendo recorrido à técnica DEA com modelos com orientação *input* e *output*. Este autor estudou uma possível relação entre a qualidade e a eficiência, na performance dos serviços de saúde, considerando a variável qualidade como um *output* adicional na medição da eficiência. O autor concluiu que 11 das 31 províncias foram consideradas eficientes no modelo sem consideração pela qualidade, e 13 províncias, incluindo as 11 referidas anteriormente, foram consideradas eficientes no modelo com consideração pela qualidade. Assim, das 31 províncias da China, 11 foram consideradas eficientes tanto no modelo que considerou a variável qualidade como *output* como no modelo em que esta variável não foi considerada, sendo Tianjin e Ningxia as mais eficientes.

Stefko et al. (2018) realizaram um estudo para avaliar a eficiência de 56 unidades hospitalares da Eslováquia entre os anos de 2008 e 2015. Estes autores fizeram várias análises com a técnica DEA, alterando as variáveis de *inputs* e concluíram que as variáveis “número de camas” e “número de profissionais de saúde” tiveram um impacto significativo nos valores de eficiência obtidos. Por outro lado, a adição de outras variáveis de *input*, como “número de equipamentos de TC”, “número de equipamentos de RM” e “número de equipamentos médicos” não provocou alterações significativas na eficiência das unidades de saúde. Em todos os modelos as regiões de Trencin, Trnava e Nitra apresentaram valores de eficiência acima da média.

Em Portugal também foram realizados diversos estudos focados na medição da eficiência do Serviço Nacional de Saúde, destacando-se entre eles o estudo de Figueiredo (2010) que avaliou a eficiência de 38 hospitais em 2005, 40 hospitais em 2006, 39 hospitais em 2007 e 40 hospitais em 2008, recorrendo a dois modelos da técnica DEA com orientações *input*. As variáveis de *output* foram comuns aos dois modelos, sendo elas “número total de doentes saídos”, “número total de consultas” e “total de episódios de urgência”. O primeiro modelo tinha como variáveis *input* “soma das amortizações, provisões e juros”, “soma dos custos de mercadorias vendidas e matérias consumidas, fornecimentos e serviços externos e outros custos” e “custo com pessoal” e estimou níveis de ineficiência de 22,3% e 14,5%, considerando, respetivamente, os pressupostos CRS e VRS. O segundo modelo tinha como variáveis *input* “número total de pessoal que representa custos” e “número total de camas disponíveis” e registou ineficiências de 25,2% e 16,7%, também para os pressupostos CRS e VRS. Concluiu ainda que, se os hospitais portugueses operassem numa escala ótima, conseguiriam reduzir os seus custos em 8,7%, continuando a produzir os mesmos *outputs*.

Quando se foca na comparação da eficiência dos sistemas de saúde a nível internacional, existem diversos estudos relevantes.

Top et al. (2020) mediram e compararam a eficiência de 36 países de África, entre os anos de 2010 a 2015, utilizando a técnica DEA com um modelo orientado para *inputs*. Os resultados deste estudo demonstraram que 21 dos 36 países revelaram ter sistemas de saúde eficientes e, de entre esses, o Senegal foi o país mais referenciado como *benchmark* para os países ineficientes. O estudo concluiu ainda que a ineficiência dos sistemas de saúde em África está especialmente associada a problemas de ineficiência de escala.

Lo Storto & Goncharuk (2017) avaliaram a eficiência de 32 países da Europa, entre 2011 e 2014, com recurso a dois modelos da técnica DEA, o primeiro com orientação *input* para medição da eficiência das unidades e o segundo com orientação *output* para medição da efetividade. Estes autores concluíram que os países mais eficientes foram Irlanda, Polónia e Portugal, por utilizarem mais eficientemente os recursos materiais e humanos na prestação de cuidados de saúde à população, enquanto os mais ineficientes foram Lituânia, Noruega, Suíça, Alemanha e Áustria, por apresentarem um maior número de profissionais de saúde e camas disponíveis per capita, do que os restantes países. Estes

resultados revelaram que os sistemas de saúde europeus apresentam alguma resistência à mudança dificultando melhorias de eficiência.

Cetin & Bahce (2016) analisaram a eficiência de 26 países da OCDE, no ano de 2011. Os autores definiram como *inputs* “número de médicos por 1000 habitantes”, “número de camas hospitalares por 1000 habitantes”, “gastos com saúde per capita” e como *outputs* “expectativa de vida ao nascimento” e “taxa de mortalidade infantil”. Concluíram que Canadá, República Checa, Islândia, Irlanda, Israel, Japão, Coreia, Polónia, Eslovénia, Suécia e Reino Unido apresentavam sistemas de saúde mais eficientes, fazendo melhor uso dos seus recursos e providenciando serviços de saúde a uma escala ótima. Áustria, Alemanha e Suíça apresentaram bons indicadores de saúde, porém a análise indicou que os seus recursos eram utilizados menos eficientemente para atingir os seus resultados.

Asandului et al. (2014) desenvolveram um estudo para avaliar a eficiência dos sistemas públicos de saúde da Europa através da técnica DEA, com uma orientação *input*. Dos 30 países europeus avaliados durante o ano de 2010, os resultados demonstraram que alguns países desenvolvidos, como Reino Unido, Espanha e Suécia, e alguns países em desenvolvimento, como Bulgária, Chipre, Malta, Roménia e Letónia, revelaram ser eficientes em utilizar os seus *inputs* no sistema de saúde. Por outro lado, quase metade dos países revelaram ser ineficientes, dos quais se destacam Áustria, Alemanha, França, Lituânia, República Checa e Hungria.

Varabyova & Schreyögg (2013) comparam a eficiência dos sistemas de saúde da OCDE entre 2000 e 2009, utilizando como *inputs* “total de camas hospitalares”, “total de profissionais de saúde”, “médicos empregados em hospitais”, “enfermeiros e parteiras empregados em hospitais”. Quanto aos *outputs*, os autores optaram por utilizar “gastos por categorias de diagnóstico agregadas por gravidade do caso” e “taxa de mortalidade”, uma vez que não estariam disponíveis dados relativos a ganhos em saúde. Os autores concluíram que países como o Japão apresentaram bons resultados em saúde, podendo, contudo, ser tecnicamente ineficientes no uso dos seus recursos. O estudo demonstrou que países com maiores gastos per capita com a saúde tinham, em média, um sistema de saúde mais eficiente, enquanto os países com maior desigualdade tinham uma menor eficiência nos cuidados de saúde.

Afonso & St. Aubyn (2006) compararam 30 países da OCDE através da técnica DEA, durante o ano de 2005, definindo como *inputs* “número de médicos”, “número de enfermeiros”, “número de camas de cuidados intensivos por 1000 habitantes” “equipamentos de RM” e como *outputs* “taxa de sobrevivência infantil”, “esperança de vida” e “potencial de anos de vida não perdidos”. Concluíram que 7 países estariam localizados na fronteira de eficiência: Canadá, Finlândia, Japão, Espanha, Suécia, Coreia e Estados Unidos da América, sendo que os cinco primeiros estavam na fronteira por terem boas performances nos indicadores de *output*. No lado oposto encontravam-se Hungria, Eslováquia e Polónia, em que a técnica DEA revelou que os seus *outputs* poderiam ser substancialmente melhorados, aumentando os seus resultados em 40%.

Bhat (2005) através de um modelo CRS, avaliou a eficiência dos sistemas de saúde de 24 países da OCDE, definindo como *inputs* “número de médicos em atividade”, “número de enfermeiros em atividade”, “número de camas hospitalares”, “consumos farmacêuticos” e como *outputs* “população entre os 0-19 anos”, “população entre os 20-64 anos” e “população com mais de 65 anos”. Neste estudo o autor avaliou o impacto do tipo de pagamento aos médicos na eficiência, tendo verificado que a média da eficiência para os países que pagam aos seus médicos em função dos serviços prestados era muito menor do que para os países com pagamentos por salários. Avaliou também o impacto da existência de médico de família, concluindo que os países com médicos de família nos cuidados de saúde primários foram considerados mais eficientes. Verificou também que países com contratos e sistemas de saúde públicos integrados eram mais eficientes do que aqueles com sistemas de reembolso público. Dos 24 países, Dinamarca, Japão, Holanda, Portugal, Suécia, Turquia e Reino Unido apresentaram valores de eficiência de 100%, enquanto Bélgica, Islândia e Austrália apresentaram os menores valores de eficiência. A Turquia surgiu como *benchmark* para 14 países, Suécia e o Reino Unido para 10 países, enquanto Portugal surgiu como *benchmark* para Espanha, França, Itália, Grécia e Bélgica.

2.4.1. A Radiologia e a avaliação da eficiência

Como constatado anteriormente, a Radiologia é frequentemente precursora na incorporação de tecnologias inovadoras contribuindo significativamente para o aumento da despesa em saúde. Assim, torna-se extremamente relevante garantir a sua eficiência e a qualidade da prestação de cuidados de saúde (Pisco, 2009).

No sector da saúde, devido à natureza dos serviços prestados, avaliar a eficiência de uma organização é um processo desafiante, pela dificuldade em definir as variáveis de *input* e *output* adequadas e as suas medições (Ozcan, 2014). Ao nível da Radiologia, as unidades de medição não podem ser extrapoladas para um nível hospitalar, uma vez que diferem de um laboratório de Análises ou de um Enfermaria, por exemplo (Ozcan, 2014). Definir e medir um *output* de um serviço de Radiologia pode variar consideravelmente entre hospitais pela falta de homogeneidade nos *outputs* produzidos e pelo processo produtivo, da mesma maneira que a definição e medição dos *inputs* pode ser difícil devido às diferenças nos recursos disponíveis em cada hospital (Ozcan, 2014). Todavia, considerando esta dificuldade, a comparação de desempenho de serviços de Radiologia entre hospitais poderá ser efetuada desde que as unidades de medição sejam consistentes para cada serviço e comparáveis (Ozcan, 2014).

O processo de avaliação da eficiência de serviços de Radiologia torna-se desafiante e prova disso é a reduzida literatura científica existente focada nesta temática. Alguns estudos realizados focam-se na medição da qualidade destes serviços através da avaliação da qualidade técnica, por processos de monitorização de equipamentos e protocolos, como por exemplo, um estudo desenvolvido nos Estados Unidos da América por Ondategui-Parra et al. (2006), com o objetivo de determinar se a qualidade dos serviços de Radiologia era medida e comparada regularmente, avaliando a perceção dos profissionais de saúde e dos doentes quanto à prestação dos serviços, nomeadamente com indicadores de satisfação. Neste estudo, com taxa de resposta de 42% dos hospitais inquiridos, os resultados demonstraram que a maioria dos serviços monitorizavam a qualidade, apesar de pouco frequentemente, através das medições de satisfação dos doentes, porém não aplicavam nenhum padrão que permitisse a comparação com outras instituições. Por outro lado, o acesso dos doentes aos exames e a espera por relatórios médicos foram indicadores monitorizados de forma mais eficaz, permitindo estabelecer comparações com padrões predefinidos. Contudo, a maioria dos departamentos menosprezou um indicador importante, a avaliação da satisfação dos profissionais de saúde dos serviços de Radiologia.

Outros estudos dedicaram-se a desenvolver conjuntos de indicadores de desempenho para avaliar esses serviços, como o artigo de Abujudeh et al. (2010) que refere a experiência de um serviço de Radiologia na formulação e implementação de um conjunto de

indicadores de desempenho (KPIs) específicos da Radiologia e alinhados com a visão institucional do hospital em causa, que resultou na identificação de 67 KPIs específicos da Radiologia. A replicação da definição destes KPIs noutros departamentos poderia ser útil para avaliar o desempenho e acompanhar o progresso em direção à visão organizacional e às metas a longo prazo das instituições.

Poucos são os estudos focados exclusivamente na avaliação da eficiência dos serviços de Radiologia, sendo apenas realizadas comparações a um nível nacional. Um desses estudos, desenvolvido por Keshtkaran et al. (2014), avaliou a eficiência total de 27 serviços de Radiologia dos hospitais do Irão afiliados à Universidade de Ciências Médicas de Shiraz, durante o ano de 2011. Neste estudo, os autores utilizaram a técnica DEA com um modelo orientado para *inputs*, para fazer medições de eficiências total, técnica e alocativa. Os resultados demonstraram que a taxa média de eficiência total foi de 74,9%, mostrando que, se estes serviços fossem completamente eficientes poderiam reduzir em 25% os seus gastos sem prejuízo do nível de *outputs*. Os resultados revelaram ainda que o valor médio de eficiência técnica obtido de 88% se traduzia num potencial de melhoria da ordem dos 12%. Com este estudo, concluíram que apenas 15% dos serviços de Radiologia estudados seriam economicamente eficientes.

Outro estudo neste contexto foi realizado por Ozcan & Legg (2014) e avaliou a eficiência de serviços de Radiologia nos Estados Unidos da América durante o ano de 2011. A sua amostra foi constituída por 195 serviços que realizavam exames de radiologia convencional e por 428 que realizavam exames de radiologia avançada (convencional, TC, RM, angiografia, mamografia, ecografia e medicina nuclear). Os autores concluíram que os 195 serviços que realizavam exames de radiologia convencional apresentaram uma taxa média de eficiência de 82,2%. Quanto aos 428 serviços que realizavam exames de radiologia avançada, estes apresentaram uma taxa média de eficiência de 61,5%, sendo que, 238 desses serviços foram considerados ineficientes com uma taxa média de 42%. Os resultados revelaram que os serviços que realizavam exames de radiologia convencional com uma eficiência de 100% e, como tal, tecnicamente eficientes, representavam 68% de todos os serviços, podendo este valor ser justificado pela simplicidade da sua tecnologia.

Em Portugal foi realizado um estudo de avaliação de eficiência dos serviços de Radiologia dos hospitais portugueses, por Soares (2015). Este autor analisou 50 serviços entre 2005

e 2006 e 28 serviços entre 2007 e 2009. Os resultados demonstraram que, dos 50 serviços avaliados entre 2005 e 2006, 6 foram considerados eficientes sendo o Hospital São Sebastião o mais referenciado como *benchmark*. Dos 28 serviços estudados entre 2007 e 2009, 2 foram globalmente eficientes dos quais o Hospital de Faro foi o mais referenciado como *benchmark*. Este estudo permitiu identificar as unidades eficientes, as ineficientes e os *benchmarks* dos serviços ineficientes auxiliando na definição de objetivos de melhoria de desempenho.

De toda a literatura científica revista ao longo da elaboração desta dissertação em momento algum se encontrou um estudo comparativo da eficiência dos serviços de Radiologia a nível internacional. As comparações internacionais existentes avaliam essencialmente a eficiência das unidades hospitalares como um todo. Tendo por base a revisão da literatura realizada, foi possível constatar que os poucos estudos que se focam no contexto específico dos serviços de Radiologia fazem-no para um único país. Embora alguns estudos tenham utilizado a técnica DEA para proceder à avaliação da eficiência destes serviços, outros, procuraram avaliar outras dimensões de desempenho por recurso a outros indicadores.

Nesta medida, e perante a lacuna existente, pretende-se avaliar e comparar, a nível europeu, com recurso à técnica *Data Envelopment Analysis*, a eficiência dos diversos serviços de Radiologia dos países da UE, identificando os países eficientes, os ineficientes e os países com serviços que possam servir de *benchmark* para os ineficientes, por forma a fornecer informação que possa servir de suporte a propostas de melhoria de desempenho desses serviços.

3. METODOLOGIA

3.1. Definição do modelo de DEA

A seleção das variáveis de *input* e *output* apropriadas é uma etapa fundamental na técnica DEA. O foco deste artigo é avaliar a eficiência dos serviços de Radiologia dos países da União Europeia e, como tal, as variáveis propostas foram escolhidas de acordo com esse objetivo. A eficiência de um serviço de Radiologia de um determinado país dependerá da sua capacidade em realizar um maior número de exames com os recursos humanos e tecnológicos disponíveis nos hospitais desse país.

Como tal, e tendo em consideração os dados disponibilizados, foram selecionadas três variáveis *input*: “Equipamentos de TC” que quantifica o número de equipamentos de tomografia computadorizada presentes nos hospitais de cada um dos países da UE; “Equipamentos de RM ” que quantifica o número de equipamentos de ressonância magnética existentes nos hospitais de cada país; e “Médicos Radiologistas” que engloba o número de Médicos Radiologistas a exercer funções nos hospitais de cada país da UE, profissionais que são responsáveis pela interpretação e realização de relatórios dos exames de TC e RM, pelo que a realização destes exames pelos Técnicos de Radiologia tem sempre associada a presença do Médico Radiologista responsável pelo exame. Quanto às variáveis *output* foram selecionadas duas: “Exames de TC” que se refere ao número de exames de tomografia computadorizada realizados nos hospitais de cada país da UE, e “Exames de RM” que apresenta o número de exames de ressonância magnética realizados nos hospitais em cada país da UE.

Teria sido relevante incluir dados relacionados com o número de Técnicos de Radiologia, com o número de equipamentos e de exames realizados em outras modalidades de imagem médica, para uma mais completa e detalhada análise de eficiência dos serviços de Radiologia. Porém, uma das limitações deste estudo prende-se com a inexistência de dados relativos a estas possíveis variáveis na base de dados utilizada, pelo que, deste modo, as variáveis utilizadas neste estudo foram apenas as referidas anteriormente e que estão descritas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Variáveis utilizadas na técnica DEA para avaliar a eficiência dos serviços de Radiologia

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
❖ <i>Input 1</i> : Equipamentos de TC	❖ <i>Output 1</i> : Exames de TC
❖ <i>Input 2</i> : Equipamentos de RM	❖ <i>Output 2</i> : Exames de RM
❖ <i>Input 3</i> : Médicos Radiologistas	

Tendo em conta o objetivo deste estudo, decidiu-se utilizar um modelo com orientação para a maximização dos *outputs*, por ser o mais adequado no contexto da saúde, mais especificamente na Radiologia, uma vez que é preferível maximizar o número de serviços prestados com os recursos disponíveis. A escolha desta orientação prende-se também com a constatação de uma procura superior à oferta, sugerindo necessidades superiores ao número de exames realizados. Um exemplo disso prende-se com os tempos médios de espera para a realização de exames de TC, descritos no relatório *Euro Health Consumer Index*, superiores a 7 dias para a maioria dos países da Europa, para o ano de 2018 (Bjornberg & Phang, 2018).

Por forma a obter os valores de eficiência para os serviços de Radiologia de cada país, utilizou-se o software *Efficiency Measurement System* (EMS versão 1.3), desenvolvido por Scheel (2010). Assumiu-se o pressuposto VRS, por comparar países com a mesma escala resultando em taxas de eficiência mais realistas. Também se recorreu ao pressuposto CRS por forma a melhor compreender as ineficiências observadas em cada país através dos cálculos dos vários tipos de eficiência.

Foram incluídas restrições aos pesos, seguindo a metodologia proposta por Dyson et al. (2001), por forma a evitar a atribuição de pesos nulos às variáveis. As restrições foram:

$$P \text{ Input } 1 \geq 0,01 \text{ P Input } 2 \text{ (Restrição 1)}$$

$$P \text{ Input } 2 \geq 0,01 \text{ P Input } 1 \text{ (Restrição 2)}$$

$$P \text{ Input } 2 \geq 0,01 \text{ P Input } 3 \text{ (Restrição 3)}$$

$$P \text{ Input } 3 \geq 0,01 \text{ P Input } 2 \text{ (Restrição 4)}$$

$$P \text{ Input } 1 \geq 0,01 P \text{ Input } 3 \text{ (Restrição 5)}$$

$$P \text{ Input } 3 \geq 0,01 P \text{ Input } 1 \text{ (Restrição 6)}$$

$$P \text{ Output } 1 \geq 0,01 P \text{ Output } 2 \text{ (Restrição 7)}$$

$$P \text{ Output } 2 \geq 0,01 P \text{ Output } 1 \text{ (Restrição 8)}$$

A restrição 1 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Equipamento de TC” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Equipamentos de RM”. A restrição 2 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Equipamentos de RM” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Equipamento de TC”. A restrição 3 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Equipamento de RM” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Médicos Radiologistas”. A restrição 4 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Médicos Radiologistas” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Equipamento de RM”. A restrição 5 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Equipamento de TC” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Médicos Radiologistas”. A restrição 6 estabelece que o peso a atribuir ao *input* “Médicos Radiologistas” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *input* “Equipamento TC”. A restrição 7 estabelece que o peso a atribuir ao *output* “Exames de TC” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *output* “Exames de RM”. A restrição 8 estabelece que o peso a atribuir ao *output* “Exames de RM” tem que ser maior ou igual a um centésimo do peso a atribuir ao *output* “Exames de TC”.

3.2. Dados

Para este estudo foram recolhidos dados de 28 países da União Europeia, referentes ao ano de 2015 (ano com maior número de dados disponíveis), extraídos da base de dados online do *Eurostat*, garantindo assim a precisão e a comparabilidade dos dados, facto essencial na técnica DEA.

Antes de aplicar a técnica DEA à amostra e por forma a evitar enviesamentos na análise, que poderiam ocorrer devido a dados omissos, decidiu-se excluir do estudo 6 países: Hungria que não apresentou dados relativos às variáveis *input* e *output*; Grécia, Irlanda,

Itália e Suécia sem dados relativos às variáveis *output*; e Reino Unido que não apresentou dados relativos às variáveis *input*. Assim, foram analisados 22 países da UE.

No que respeita à existência de valores omissos nas restantes variáveis da base de dados, após pesquisa na literatura científica, verificou-se que não existe um consenso quanto à substituição desses valores omissos. Por exemplo, Smirlis et al. (2006) sugerem a substituição dos valores omissos por aproximações na forma do intervalo de valores considerado provável. Por outro lado, Kuosmanen (2009) sugere que os valores de *output* omissos devem ser substituídos por zero, enquanto Morais e Camanho (2011) sugerem substituir o valor omissos num *input* pelo valor máximo encontrado nesse mesmo *input*. Para efeitos deste estudo e por forma a minimizar o impacto nos resultados derivado da substituição dos valores omissos, optou-se por utilizar duas metodologias de substituição dos valores omissos, garantindo assim que os países sem dados disponíveis não são beneficiados na análise em relação aos restantes.

Deste modo, no que respeita ao valor omissos da variável *input* “Médicos Radiologistas” relativo à Dinamarca, Finlândia e República Checa, os valores para o ano de 2015 foram estimados com base nos valores de anos anteriores (disponíveis na base de dados do *Eurostat*) corrigidos pelo acréscimo anual. Com recurso à fórmula $\frac{\text{Valor Final} - \text{Valor Inicial}}{\text{Valor Inicial}} \times 100$, obteve-se o acréscimo anual, em percentagem, tendo-se posteriormente corrigido o número de médicos registado no último ano pelo acréscimo, obtendo-se assim os valores estimados para 2015. Assim, a Dinamarca registou 626 médicos Radiologistas em 2014 e 622 em 2013, tendo um acréscimo anual de cerca de 0,643%, a Finlândia registou 693 médicos em 2014 e 681 em 2013, registando um acréscimo anual de cerca de 1,762%, e a República Checa registou 1900 médicos em 2013 e 1882 em 2012, registando cerca de 0,956% de acréscimo anual (tendo sido primeiramente calculado o valor estimado para 2014 e posteriormente para 2015).

Quanto aos valores omissos da variável *input* “Equipamentos de RM” relativo à Dinamarca e da variável “Médicos Radiologistas” da Eslováquia, os valores foram obtidos adaptando o pressuposto de Morais e Camanho (2011). Para o cálculo da variável de *input* 2 da Dinamarca, primeiramente calcularam-se os rácios $\frac{\text{Equipamentos de RM}}{\text{Equipamentos de TC}}$ para todos os países, depois multiplicou-se o valor máximo desse rácio pelo número de equipamentos de TC da Dinamarca, tendo-se obtido o valor estimado para o número de equipamentos de RM. O mesmo foi efetuado para a Eslováquia, tendo-se calculado os

rácios $\frac{\text{Médicos Radiologistas}}{\text{Equipamentos de TC}}$ para todos os países e multiplicado o valor máximo desse rácio pelo número de equipamentos de TC da Eslováquia, tendo-se obtido o número estimado de médicos Radiologistas da Eslováquia.

A tabela 3.2 apresenta os dados relativos às variáveis *input* e *output*, encontrando-se a sombreado os dados omissos substituídos pelos valores calculados anteriormente, bem como a estatística descritiva dessas variáveis, para os 22 países em análise.

Ao analisar a tabela 3.2 verificam-se algumas discrepâncias entre os 22 países da UE. Por exemplo, a média de equipamentos de TC é de 253, com um desvio-padrão de 358, registando a Alemanha o maior número de equipamentos, 1541 equipamentos de TC, enquanto Malta apenas possui 7 equipamentos de TC. A diferença no número de equipamentos de RM também é significativa, com uma média de 156 equipamentos, com um desvio-padrão de 235, onde a Alemanha volta a registar o maior número de equipamentos, um total de 965, e novamente Malta regista o menor número de equipamentos de RM, 5 equipamentos. No que respeita ao número de médicos Radiologistas por país, a média é de 2140 médicos, com um desvio-padrão de 2934, sendo França o país que regista um maior número destes profissionais, de 10306, enquanto Malta regista o menor número de médicos Radiologistas, 39 profissionais.

Considerando estas marcadas variações a nível dos *inputs*, não é surpreendente que estas variações também se registem a nível dos *outputs*. Assim, a média de exames de TC realizados é de 1389500 exames, com um desvio-padrão de 2025202, sendo França o país onde se realiza o maior número de exames de TC, 8069499 exames, e Eslovénia o país com o menor número de exames realizados, 30653. Quanto aos exames de RM realizados, a média é de 544380 exames, com desvio-padrão de 880768, sendo novamente em França onde se realizam mais exames de RM, 2986999 exames, e a Eslovénia o país que regista o menor número de exames realizados, 5724.

Tabela 3.2 – Dados usados na técnica DEA para calcular a eficiência dos países

PAÍSES	Equipamentos de TC <i>Input 1</i>	Equipamentos de RM <i>Input 2</i>	Médicos Radiologistas <i>Input 3</i>	Exames de TC <i>Output 1</i>	Exames de RM <i>Output 2</i>
Alemanha	1541	965	9769	5489698	1922130
Áustria	157	92	1569	1206386	413182
Bélgica	258	132	1516	2237351	964597
Bulgária	177	30	1040	304936	19599
Croácia	50	27	824	313106	117833
Chipre	29	16	114	118628	5823
Eslováquia	76	19	1252	610039	69172
Eslovénia	24	14	264	30653	5724
Espanha	738	526	7461	4672839	2936954
Estónia	21	12	234	160531	45933
Dinamarca	213	256	630	906547	377734
Finlândia	118	142	705	211155	118719
França	856	585	10306	8069499	2986999
Holanda	227	196	2093	1360401	843425
Letónia	38	10	260	146548	10698
Lituânia	49	17	608	254265	37750
Luxemburgo	10	7	79	107061	42450
Malta	7	5	39	35846	22166
Polónia	493	186	3068	1303551	211218
Portugal	212	75	1308	1712368	376295
República Checa	152	71	1936	1003663	401292
Roménia	126	40	2009	313936	46668
Média	253	156	2140	1389500	544380
Desvio-Padrão	358	235	2934	2025202	880768
Máximo	1541	965	10306	8069499	2986999
Mínimo	7	5	39	30653	5724

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de eficiência

A tabela 4.1 apresenta os valores da eficiência técnica, eficiência técnica pura e eficiência de escala para os 22 países em análise, para o ano de 2015.

Tabela 4.1 – Valores de eficiência obtidos pela técnica DEA

PAÍSES	Eficiência Técnica (%)	Eficiência Técnica Pura (%)	Eficiência de Escala (%)
Alemanha	38,95	71,09	54,79
Áustria	76,58	83,84	91,34
Bélgica	100,00	100,00	100,00
Bulgária	38,03	38,52	98,74
Croácia	61,83	65,04	95,06
Chipre	70,15	74,23	94,49
Eslováquia	99,44	100,00	99,44
Eslovênia	12,64	13,10	96,52
Espanha	91,12	100,00	91,12
Estônia	76,31	78,21	97,57
Dinamarca	97,02	97,63	99,38
Finlândia	26,48	26,52	99,84
França	86,82	100,00	86,82
Holanda	85,58	94,04	91,01
Letônia	59,39	69,70	85,20
Lituânia	61,14	61,18	99,92
Luxemburgo	100,00	100,00	100,00
Malta	88,67	100,00	88,67
Polónia	32,14	42,50	75,64
Portugal	100,00	100,00	100,00
República Checa	73,23	74,45	98,35
Roménia	29,21	29,48	99,08
Média	68,40	73,61	92,86
Desvio-Padrão	27,12	27,20	10,34
Máximo	100,00	100	100
Mínimo	12,64	13,10	54,79

Pela análise da tabela verifica-se que a média de eficiência técnica é de 68,40% para os 22 países, com um desvio-padrão de 27,12%, indicando assim a existência de diferenças significativas entre os países e de um potencial de melhoria para alguns. Da totalidade dos 22 países em estudo, os serviços de Radiologia foram considerados eficientes pelo pressuposto CRS em 3 países, sendo eles Bélgica, Luxemburgo e Portugal.

Quando assumido o pressuposto VRS, regista-se um ligeiro aumento da taxa média de eficiência para 73,61%, com um desvio-padrão de 27,20%, com 7 países em que os serviços de Radiologia foram considerados eficientes, sendo eles Bélgica, Eslováquia, Espanha, França, Luxemburgo, Malta e Portugal. Assim, Eslováquia, Espanha, França e Malta, embora não sejam tecnicamente eficientes (com o pressuposto CRS), foram considerados eficientes em termos de gestão quando comparados com países da mesma escala de dimensão.

Alemanha e Polónia apresentam ineficiências de gestão e de escala, mas maioritariamente de escala, isto significa que, quando comparados com países da mesma dimensão revelam ser ineficientes, porém a ineficiência aumenta quando se compara Alemanha e Polónia com países de outras dimensões.

Eslovénia, Finlândia e Roménia, apresentam ineficiências de gestão e de escala, mas maioritariamente de gestão, isto significa que, não foram eficientes quando comparados com países de diferentes escalas, nem com países de escala semelhante, sendo a sua ineficiência mais evidente quando comparados com países com as mesmas dimensões.

Ao analisar os resultados de eficiência, é também essencial identificar a estrutura de pesos que cada país escolheu atribuir a cada variável. A identificação dos pesos virtuais ótimos é importante porque permite analisar os pontos fortes e os pontos fracos relativos de cada país. O peso virtual atribuído a um *input* representa a percentagem de contribuição que essa variável tem no total dos *inputs*, do mesmo modo que o peso virtual de um *output* representa a percentagem de contribuição que esse *output* tem no total dos *outputs*. Por um lado, uma percentagem elevada de peso atribuída a um *input* ou *output* revela um ponto forte relativo do país nessa variável. Por outro lado, uma percentagem baixa de peso numa variável revela um ponto fraco relativo do país nessa mesma variável.

A tabela 4.2 apresenta os pesos virtuais que cada país atribuiu a cada uma das variáveis *input* e *output*.

Tabela 4.2 – Proporção de peso atribuída a cada *input* e a cada *output*, resultados obtidos para o modelo com pressuposto VRS

PAÍSES	Equipamentos TC {I}{V}	Equipamentos RM {I}{V}	Médicos Radiologistas {I}{V}	Exames de TC {O}{V}	Exames de RM {O}{V}
Alemanha	0,157%	0,099%	99,744%	99,651%	0,349%
Áustria	78,889%	13,227%	7,884%	99,659%	0,341%
Bélgica	0,304%	15,562%	84,133%	26,619%	73,381%
Bulgária	4,026%	68,239%	27,735%	99,936%	0,064%
Croácia	58,658%	31,675%	9,667%	94,441%	5,559%
Chipre	0,253%	0,140%	99,607%	99,951%	0,049%
Eslováquia	2,354%	58,860%	38,786%	99,887%	0,113%
Eslovénia	67,020%	25,608%	7,372%	99,814%	0,186%
Espanha	0,099%	0,070%	99,831%	1,566%	98,434%
Estónia	67,307%	25,193%	7,500%	99,715%	0,285%
Dinamarca	0,336%	0,403%	99,261%	99,585%	0,415%
Finlândia	34,548%	0,416%	65,036%	1,748%	98,252%
França	55,438%	37,887%	6,675%	99,631%	0,369%
Holanda	87,185%	0,753%	12,062%	1,587%	98,413%
Letónia	2,830%	74,469%	22,701%	99,927%	0,073%
Lituânia	51,213%	35,935%	12,852%	99,852%	0,148%
Luxemburgo	84,428%	8,902%	6,670%	99,605%	0,395%
Malta	0,180%	0,128%	99,693%	26,093%	73,907%
Polónia	1,804%	68,052%	30,144%	99,838%	0,162%
Portugal	2,033%	71,936%	26,031%	99,781%	0,219%
República Checa	62,717%	29,295%	7,988%	94,114%	5,886%
Roménia	67,709%	21,495%	10,796%	99,852%	0,148%

Como demonstrado na tabela 4.2, Alemanha, Chipre, Espanha, Dinamarca e Malta, atribuem a maioria do peso (cerca de 99%) à variável *input* 3, o que significa que na formação do rácio de eficiência, o *input* “Médicos Radiologistas” contribui, aproximadamente, 99% para o peso total dos *inputs*. Por outro lado, a Holanda atribui a maioria do peso à sua variável *input* 1, pelo que na formação do rácio de eficiência o *input* “Equipamentos de TC” contribui 87,18% para o peso total dos *inputs*. No caso específico de Portugal, considerado eficiente, as variáveis de *input* apresentam pesos diferentes, em que o *input* 1 contribui 2,03%, o *input* 2 contribui 71,94% e o *input* 3 contribui 26,03% na formação do rácio de eficiência de Portugal.

Quando analisados os pesos dos *outputs*, também se registam diferenças nas atribuições dos pesos. Alemanha, Áustria, Bulgária, Chipre, Eslováquia, Eslovénia, Estónia, Dinamarca, França, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Polónia, Portugal e Roménia atribuem a maioria do peso (cerca de 99%) à variável *output* 1, o que significa que na formação do rácio de eficiência, o *output* “Exames de TC” contribui, aproximadamente, 99% para o peso total dos *outputs*. Espanha, Finlândia e Holanda atribuem a maioria do peso (cerca de 98%) à variável *output* 2, o que significa que na formação do rácio de eficiência, o *output* “Exames de RM” contribui, aproximadamente, 98% para o peso total dos *outputs*. No caso da Bélgica, considerada eficiente, esta atribuiu pesos diferentes às variáveis de *output*, onde o *output* 1 contribui 26,62% e o *output* 2 contribui 73,38% para a formação do rácio de eficiência.

Outra informação fornecida pela técnica DEA está relacionada com a identificação dos *benchmarks* para cada país ineficiente. Como demonstrado na tabela 4.3, o Luxemburgo serve de referência a um maior número de países, 13, a Bélgica serve de referência a 11 países e Portugal serve de referência a 9 países: Bulgária, Croácia, Eslovénia, Estónia, Letónia, Lituânia, Polónia, República Checa e Roménia. Por outro lado, a Eslovénia, com o valor mais baixo de eficiência técnica pura, para melhorar a eficiência dos serviços, deverá aprender com Bélgica, Luxemburgo e Portugal, enquanto a Alemanha, com o valor mais baixo de eficiência de escala, para melhorar a eficiência dos serviços de Radiologia deverá aprender com Bélgica e França.

Alguns países, apesar de considerados eficientes pelo pressuposto VRS, servem de referência a um reduzido número de países, como é o caso da França e da Eslováquia (3 países), Espanha (1 país) e Malta (1 país).

Para além das informações relativas aos *benchmarks*, a tabela 4.3 fornece informações úteis para definir as metas a serem alcançadas pelos países ineficientes. Esta informação encontra-se nos valores dos coeficientes das *benchmarks* (valores entre parênteses).

Tabela 4.3 – *Benchmarks* e valores dos respetivos coeficientes, resultados obtidos para o modelo com pressuposto VRS

	PAÍSES	Benchmarks	
1	Alemanha	3 (0,06) 13 (0,94)	
2	Áustria	3 (0,39) 13 (0,06) 17 (0,55)	
3	Bélgica		11
4	Bulgária	7 (0,56) 17 (0,19) 20 (0,25)	
5	Croácia	3 (0,13) 17 (0,81) 20 (0,06)	
6	Chipre	3 (0,02) 17 (0,98)	
7	Eslováquia		3
8	Eslovénia	3 (0,05) 17 (0,94) 20 (0,02)	
9	Espanha		1
10	Estónia	3 (0,02) 17 (0,95) 20 (0,03)	
11	Dinamarca	3 (0,39) 17 (0,61)	
12	Finlândia	3 (0,44) 17 (0,36) 18 (0,20)	
13	França		3
14	Holanda	3 (0,18) 9 (0,24) 17 (0,58)	
15	Letónia	7 (0,13) 17 (0,85) 20 (0,02)	
16	Lituânia	7 (0,08) 17 (0,75) 20 (0,17)	
17	Luxemburgo		13
18	Malta		1
19	Polónia	3 (0,28) 13 (0,19) 20 (0,53)	
20	Portugal		9
21	República Checa	3 (0,50) 17 (0,39) 20 (0,11)	
22	Roménia	17 (0,40) 20 (0,60)	

Os valores dos coeficientes das *benchmarks* associados, por exemplo, à Polónia (0,28; 0,19 e 0,53) representam a intensidade com que cada país *benchmark* (Bélgica, França e Portugal, respetivamente) serve de influência para que a Polónia se torne eficiente. Isto é, para calcular as metas para a Polónia melhorar a sua eficiência, teriam de se multiplicar por 28% os valores atuais para cada variável da Bélgica, multiplicar por 19% os valores de cada variável da França e multiplicar por 53% os valores de cada variável de Portugal, procedendo posteriormente à soma destes valores.

Uma vez que Luxemburgo, Bélgica e Portugal foram definidos como *benchmarks* para 13, 11 e 9 países, respetivamente, é importante estender as estratégias dos seus serviços de Radiologia de forma a fornecer informações que poderão servir de referência a países ineficientes.

5. DISCUSSÃO

5.1. Implicações práticas e políticas dos resultados

Apesar de ser um estudo exploratório no que concerne à comparação da eficiência dos serviços de Radiologia a nível internacional, algumas considerações importantes podem ser extraídas dos resultados obtidos e podem constituir uma fonte de informação importante para os gestores dos sistemas de saúde. O objetivo desta dissertação prendeu-se com a identificação e comparação dos diversos serviços de Radiologia dos países da UE, em termos de eficiência, a fim de identificar os países com serviços mais eficientes e compreender as estratégias adotadas por estes países para, num futuro, desenvolver planos de mudança para potenciar os serviços de Radiologia ineficientes.

Tomando como referência os resultados com o pressuposto VRS, três países destacaram-se como *benchmarks* para os restantes, Luxemburgo, Bélgica e Portugal.

Segundo o relatório *Health at a Glance: Europe 2018* (OECD/EU, 2018) não existem valores de referência quanto ao número ideal de equipamentos de TC ou RM por país. Contudo, um número reduzido destes equipamentos pode acarretar problemas de acesso em termos de proximidade geográfica ou tempos de espera, enquanto um número excessivo destes equipamentos pode resultar numa utilização desmesurada destas técnicas de imagem médica, trazendo poucos ou nenhuns benefícios para os doentes. A disponibilidade dos equipamentos de TC e RM aumentou consideravelmente na maioria dos países da UE nas últimas décadas, porém como verificado nos dados recolhidos nesta dissertação, existem diferenças entre países, sendo Malta e Luxemburgo os que registam um menor número destes equipamentos enquanto Alemanha e Espanha o maior número.

Quando se analisa o caso do Luxemburgo, *benchmark* para 13 países, desde 2012 que regista um aumento significativo nos gastos per capita com saúde, tendo sido o mais elevado na UE e cerca de 80% superior à média dos outros países, em 2015 (OECD/European Observatory, 2017). Segundo dados do *Eurostat* referentes ao ano 2015, o Luxemburgo gastou cerca de 4830€ por habitante em cuidados de saúde, comparado com a média da UE de, aproximadamente, 2900€ por habitante. No entanto, quando analisados os gastos em saúde em proporção de PIB, o Luxemburgo gastou significativamente menos do que a maioria dos países da UE (6,0% em comparação com 9,9% do PIB na UE), o que reflete uma boa performance económica deste país

(OECD/European Observatory, 2017). Os elevados gastos em saúde, possivelmente resultante também de algum investimento em sofisticados equipamentos de imagem médica, aliados a uma boa performance poderão ter impacto na eficiência dos serviços de Radiologia dos hospitais do Luxemburgo.

Todavia, um estudo de Bouëtté et al. (2019), revelou uma exposição relativamente elevada à radiação, principalmente devido à realização excessiva de exames de TC, pelo que, os Ministérios da Saúde e da Segurança Social do Luxemburgo atuaram prontamente por forma a definir um plano de ação nacional, recorrendo a auditorias aos pedidos de exames, inspeções aos serviços de Radiologia e campanhas de sensibilização dos profissionais de saúde e da população, por forma a minimizar a utilização desnecessária desta técnica de imagem médica, contribuindo assim para que os serviços possam continuar a melhorar a sua eficiência.

Este estudo poderá justificar os resultados que foram obtidos nesta dissertação, uma vez que, como verificado anteriormente, o Luxemburgo atribuiu a maioria do peso dos *outputs* à variável “Exames de TC”, cerca de 99% do peso, revelando assim que este é o ponto forte relativo deste país, tendo impacto na eficiência dos serviços do Luxemburgo.

Quando se analisa o caso da Bélgica, *benchmark* para 11 países, de acordo com o relatório *Belgium Health System Review* (Gerkens & Merkur, 2020), os gastos em saúde aumentaram de 8,9% do PIB em 2006 para 10,3% em 2017, resultando, em termos absolutos, num aumento da despesa em saúde de 29112 milhões de euros em 2006 para 45405 milhões de euros em 2017, superior à média da UE, que registou gastos entre os 9,5% e 9,8% desde 2009.

De acordo com o relatório supracitado, em comparação com outros países da UE, a Bélgica registou uma elevada realização de exames de TC e RM, pelo que, ao longo dos anos foram adotadas medida por forma a adequar a realização destes meios complementares de diagnóstico através de campanhas de saúde pública sobre o uso adequado destas técnicas bem como outras iniciativas como a criação da Plataforma Belga de Imagens Médicas.

Em 2010, Obyn & Cleemput conduziram um estudo na Bélgica motivado pela crescente procura por exames de RM e pelas restrições do governo relativas ao número destes equipamentos. Os hospitais belgas, por forma a fazer um uso mais eficiente dos seus recursos, tentaram rentabilizar o horário de funcionamento destas estações de trabalho

(entre as 53 e as 86 horas semanais), diminuir ao máximo o tempo de realização de cada exame e investir em sofisticados equipamentos de RM, resultando em níveis de produtividade mais elevados quando comparados com outros países. Esta preocupação do governo, com a máxima rentabilização desta técnica imagiológica, com uma utilização correta destes equipamentos aliados ao sistema de saúde mais generoso da Europa, como considerado por Bjornberg & Phang (2018) podem estar na base da eficiência dos serviços de Radiologia da Bélgica.

Esta medidas adotadas pelos hospitais belgas, relativamente à técnica de RM, parecem ter tido impacto na eficiência da Bélgica, quando se analisa os resultados obtidos nesta dissertação, uma vez que, como visto anteriormente, a Bélgica atribuiu a maioria do peso dos *outputs* à variável “Exames de RM”, cerca de 73% do peso, o que revela que esta técnica de imagem médica representa um ponto forte relativo dos serviços deste país.

Portugal também foi considerado um país eficiente (tanto com os pressupostos CRS e VRS), servindo de *benchmark* a 9 países (na análise com o pressuposto VRS).

De acordo com o relatório *Portugal: Country Health Profile* (OECD, 2017), em 2015 Portugal registou despesas em saúde inferiores a muitos países da UE, cerca de 30% abaixo da média da UE, isto é, 9% do PIB em comparação com a média da UE de 9,9%. Porém, a crise económica de 2010 teve um grande impacto em Portugal, resultando na implementação de várias políticas para racionalizar os gastos em saúde, medidas essas que resultaram numa redução de custos, mas também num aumento significativo da eficiência do setor da saúde em Portugal.

Nos últimos anos, como referido por Crispim & Vieira (2014), Portugal registou um crescimento anual do número de exames de TC realizados associado ao aumento do número de equipamentos de TC instalados e da disponibilização desta técnica imagiológica, sendo que, em 2007, o número de equipamentos de TC excedia a média da UE em 61,5%. O estudo desenvolvido por estes autores reportou ainda um crescimento no número de exames de TC realizados, a nível hospitalar, de 21,8%, o que parece apoiar os resultados obtidos nesta dissertação, nomeadamente na distribuição de pesos que Portugal atribuiu à variável “Exames de TC”, em que esta variável contribui 99% para a formação do rácio de eficiência, revelando assim que este é o ponto forte relativo dos serviços de Radiologia de Portugal.

6. CONCLUSÕES

Na literatura científica, inúmeras foram as contribuições da técnica DEA para avaliar e comparar a eficiência dos sistemas de saúde entre países. Todavia, a maioria desses estudos tem o seu foco no sistema de saúde como um todo e não em serviços específicos, como o caso da Radiologia. A área da Radiologia tem associada a si elevados custos devido à constante inovação tecnológica dos equipamentos e dos programas de software, contribuindo inevitavelmente para a despesa em saúde, mas também para o diagnóstico apropriado de inúmeras patologias, pelo que a eficiência destes serviços é fundamental para garantir melhores resultados nos cuidados de saúde prestados à população.

Neste estudo, explorou-se o potencial da técnica DEA para avaliar, a nível da União Europeia, a eficiência dos serviços de Radiologia de 22 países para o ano de 2015.

Apesar da natureza exploratória deste estudo, uma vez que da literatura revista em momento algum se encontrou um estudo comparativo da eficiência dos serviços de Radiologia a nível internacional, alguns resultados podem ser considerados relevantes. Em particular, a média da eficiência técnica destes 22 países é de 68,40%, com um desvio-padrão de 27,12%, indicando a existência de diferenças significativas entre países e de um potencial de melhoria para alguns destes países da UE. Dos países em análise, assumindo o pressuposto CRS, foram considerados eficientes os serviços de Radiologia da Bélgica, do Luxemburgo e de Portugal e, quando assumido o pressuposto VRS, foram considerados eficientes os serviços de Radiologia da Bélgica, da Eslováquia, de Espanha, de França, do Luxemburgo, de Malta e de Portugal, tendo sido Luxemburgo, Bélgica e Portugal os países que mais foram referenciados como *benchmarks*.

Apesar da utilização da técnica DEA ter um enorme potencial neste contexto, a aplicação da técnica e a interpretação dos resultados obtidos enfrentou alguns desafios. No que respeita à aplicação da técnica, a falta de disponibilidade de alguns dados, nomeadamente de dados relacionados com o número de Técnicos de Radiologia, com o número de equipamentos de outras técnicas de imagem e com o número de exames realizados noutras modalidades de imagem, impediu uma análise mais detalhada e completa da eficiência destes serviços, pelo que foi limitado o número de variáveis *input* e *output* utilizadas, podendo ter condicionado os resultados obtidos.

Sendo esta uma dissertação desenvolvida no ano de 2021, teria sido também importante a utilização de dados mais recentes relativos às variáveis selecionadas, porém, a indisponibilidade de dados por parte do *Eurostat* referentes aos últimos anos, impossibilitou a obtenção de resultados de avaliação de eficiência tão recentes quanto os desejáveis.

Outra limitação deste estudo prendeu-se com a ausência de relatórios detalhados dos serviços de Radiologia dos países *benchmark*. Apesar da disponibilidade de relatórios gerais sobre os sistemas de saúde de Luxemburgo, Bélgica e Portugal, não existem informações disponíveis sobre o funcionamento detalhado dos serviços de Radiologia destes países, o que seria fundamental por forma a compreender as estratégias adotadas e fornecer informações que poderiam servir de suporte a propostas de melhoria de desempenho de outros países.

A maior disponibilidade de dados e de relatórios permitiriam o desenvolvimento de modelos mais informativos e detalhados. Apesar desses desafios, considera-se que a técnica DEA pode fornecer informações valiosas para ajudar os países da UE a melhorar o desempenho dos seus serviços de Radiologia, através da comparação com os seus pares.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abujudeh, H. H., Kaewlai, R., Asfaw, B. A., & Thrall, J. H. (2010). Quality initiatives: Key performance indicators for measuring and improving radiology department performance. *Radiographics*, *30*(3), 571–580. <https://doi.org/10.1148/rg.303095761>
- Afonso, A., & St. Aubyn, M. (2006). *Relative Efficiency of Health Provision: a DEA Approach with Non-discretionary Inputs*. Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa.
- Asandului, L., Roman, M., & Fatulescu, P. (2014). The efficiency of healthcare systems in Europe: a Data Envelopment Analysis Approach. *Procedia Economics and Finance*, *10*, 261–268.
- Bhat, V. N. (2005). Institutional arrangements and efficiency of health care delivery systems. *European Journal of Health Economics*, *6*(3), 215–222. <https://doi.org/10.1007/s10198-005-0294-1>
- Bjornberg, A., & Phang, A. Y. (2018). Euro Health Consumer Index 2018. In *Health Consumer Powerhouse*. <https://doi.org/10.1007/s40274-018-4705-9>
- Bouëtté, A., Karoussou-Schreiner, A., Ducou Le Pointe, H., Grieten, M., de Kerviler, E., Rausin, L., Bouëtté, J. C., & Majerus, P. (2019). National audit on the appropriateness of CT and MRI examinations in Luxembourg. *Insights into Imaging*, *10*(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0731-9>
- Castro, R. A. de S. (2011). *Benchmarking de Hospitais Portugueses - Modelação com Data Envelopment Analysis*.
- Cetin, V. R., & Bahce, S. (2016). Measuring the efficiency of health systems of OECD countries by data envelopment analysis. *Applied Economics*, *48*(37), 3497–3507. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1139682>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K., Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models , Applications. In *Springer, ISBN* (Vol. 387452818).
- Crispim, R., & Vieira, A. L. (2014). Complementary diagnostic activities in Portugal: Computed Tomography. *Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research*, *11*(2), 191–199. <https://doi.org/10.19277/bbr.11.2.90>
- Du, T. (2018). Performance measurement of healthcare service and association discussion between quality and efficiency: Evidence from 31 provinces of mainland China. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(74), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su10010074>
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, *132*(2), 245–259. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- European Society of Radiology. (2010). The future role of radiology in healthcare.

- Insights into Imaging*, 1(1), 2–11. <https://doi.org/10.1007/s13244-009-0007-x>
- Eurostat. (2021). *Statistics / Eurostat*.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253–290.
- Figueiredo, P. F. de L. P. e C. (2010). *Avaliação de Desempenho dos Hospitais Portugueses: Aplicação de Métodos Não - Paramétricos*.
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142411317/Dissertação20Jan2011.pdf>
- Fried, H. O., Knox Lovell, C. A., & Schmidt, S. S. (2008). The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change. In *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change*.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.001.0001>
- Gerkens, S., & Merkur, S. (2020). Belgium: Health system review. In *Health Systems in Transition* (Vol. 22, Issue 5).
- Gonçalves, L. F. M. (2008). Análise da eficiência dos hospitais SA e SPA segundo uma abordagem de fronteira de eficiência. In *ISCTE Business School*.
- Ilyas, H. M. A., Safa, M., Bailey, A., Rauf, S., & Khan, A. (2020). Energy efficiency outlook of New Zealand dairy farming systems: An application of data envelopment analysis (DEA) approach. *Energies*, 13(1).
<https://doi.org/10.3390/en13010251>
- Jaafaripooyan, E., Emamgholipour, S., & Raei, B. (2017). Efficiency measurement of health care organizations: What models are used? *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 31(1), 505–511. <https://doi.org/10.14196/mjiri.31.86>
- Keshtkaran, A., Barouni, M., Ravangard, R., & Yandrani, M. (2014). Economic efficiency of radiology wards using data envelopment analysis: Case study of Iran. *Health*, 06(05), 311–316. <https://doi.org/10.4236/health.2014.65045>
- Kuosmanen, T. (2009). Data envelopment analysis with missing data. *Journal of the Operational Research Society*, 60(12), 1767–1774.
<https://doi.org/10.1057/jors.2008.132>
- Lee, C. C. (2009). Analysis of overall technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency in the medium-sized audit firms. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11156–11171. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.02.092>
- Lo Storto, C., & Goncharuk, A. G. (2017). Efficiency vs effectiveness: A benchmarking study on european healthcare systems. *Economics and Sociology*, 10(3), 102–115.
<https://doi.org/10.14254/2071-789X.2017/10-3/8>
- Morais, P., & Camanho, A. S. (2011). Evaluation of performance of European cities with the aim to promote quality of life improvements. *Omega*, 39(4), 398–409.
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.09.003>

- Nakajima, Y., Yamada, K., Imamura, K., & Kobayashi, K. (2008). Radiologist supply and workload: International comparison - Working group of Japanese College of Radiology. *Radiation Medicine - Medical Imaging and Radiation Oncology*, 26(8), 455–465. <https://doi.org/10.1007/s11604-008-0259-2>
- Obyn, C., & Cleemput, I. (2010). The capital cost and productivity of MRI in a Belgian setting. *Jbr-Btr*, 93(2), 92–96. <https://doi.org/10.5334/jbr-btr.148>
- OECD/EU. (2018). *OECD/EU (2018), Health at a Glance: Europe 2018: State of Health in the EU Cycle*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e7ffbc2d-de>
- OECD/European Observatory. (2017). Luxembourg: Country Health Profile 2017, State of Health in the EU. In *OECD Publishing*. <http://dx.doi.org/10.1787/888933593684>
- OECD, E. O. on H. S. and P. (2017). Portugal: Country Health Profile 2017, State of Health in the EU. In *Health Systems in Transition* (Vol. 30, Issue 9). https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/state/docs/chp_pt_english.pdf <https://www.dgs.pt/portal-da-estatistica-da-saude/diretorio-de-informacao/diretorio-de-informacao/por-serie-842723-pdf.aspx?v=11736b14-73e6-4b34-a8e8-d22502108547>
- Ondategui-Parra, S., Erturk, S. M., & Ros, P. R. (2006). Survey of the use of quality indicators in academic radiology departments. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 187(5), 451–455. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.1064>
- Ozcan, Y. A. (2014). Health Care Benchmarking and Performance Evaluation An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA). In *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer.
- Ozcan, Y. A., & Legg, J. S. (2014). Performance measurement for radiology providers: A national study. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 14(3), 209–221. <https://doi.org/10.1504/IJHTM.2014.064251>
- Pisco, J. M. (2009). *Imagiologia Básica - Texto e Atlas* (Lidel (ed.); 2^a).
- Smirlis, Y. G., Maragos, E. K., & Despotis, D. K. (2006). Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach. *Applied Mathematics and Computation*, 177(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.10.028>
- Soares, R. S. (2015). *Benchmarking da Imagiologia nos Hospitais Portugueses do Serviço Nacional de Saúde*.
- Stefko, R., Gavurova, B., & Kocisova, K. (2018). Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Economics Review*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13561-018-0191-9>
- Tandon, D., Tandon, K., & Malhotra, N. (2014). An Evaluation of the Technical, Pure Technical and Scale Efficiencies in the Indian Banking Industry using Data Envelope Analysis. *Global Business Review*, 15(3), 545–563. <https://doi.org/10.1177/0972150914535141>

- Top, M., Konca, M., & Sapaz, B. (2020). Technical efficiency of healthcare systems in African countries: An application based on data envelopment analysis. *Health Policy and Technology*, 9(1), 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2019.11.010>
- Varabyova, Y., & Schreyögg, J. (2013). International comparisons of the technical efficiency of the hospital sector: Panel data analysis of OECD countries using parametric and non-parametric approaches. *Health Policy*, 112(1–2), 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2013.03.003>