

INVESTIGAÇÃO: PORTUGAL NA EUROPA. UMA ANÁLISE E SUAS DIFICULDADES

Susana Jarmelo,^{1*} Tânia F.G.G. Cova,² J. Sérgio Seixas de Melo,^{1,2} Alberto A.C.C. Pais²

¹ CQC, Faculty of Sciences and Technology, University of Coimbra, Coimbra

² CQC, Department of Chemistry, University of Coimbra, Coimbra
jarmelo@uc.pt

Research: Portugal in Europe – *In the first quarter of the present year, the Portuguese office for Statistics in Education and Science (DGEEC) has made publically available two documents regarding the scientific productivity (in Portugal and in the EU-15), defined as “Impact” (2008-2012) and “Volume” (2012) [1]. It is worth noting that the two documents have become available with an interval of one month. The data was presented globally for each one of the EU-15 countries and specifically for the 22 scientific areas, defined by the Essential Science Indicators (ESI), which basically cover all the fields of knowledge. In the present work, a complementary view and interpretation of these documents is presented, together with the global discussion of additional information and data analysis. The presentation of a study based on data that allow an immediate comparison should be submitted to a careful and deep characterization and scrutiny (especially by relating scientific areas with the respective internationalization level, national contribution, etc.) together with the level of science funding in each country (per capita), something that was not done in the DGEEC documents.*

No primeiro trimestre de 2014 a Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC) tornou públicos dois documentos sobre a Produção Científica em Portugal [e na Europa dos 15 (UE-15)]: “Impacto” (2008 – 2012) e “Volume” (2012) [1]. Note-se que os dois documentos foram tornados públicos com um desfasamento temporal de ca. de um mês. Os dados foram apresentados de forma global para cada um dos países e de forma específica para as 22 áreas científicas definidas no “Essential Science Indicators” (ESI), as quais cobrem todas as áreas do saber. No presente trabalho efetua-se uma análise a estes documentos, ao que se juntam outros dados e análises mostrando-se que a apresentação de um qualquer estudo baseado em análises que potenciam uma comparação direta carecem de uma caracterização mais aprofundada (nomeadamente de correlacionar áreas com a sua internacionalização, contribuição nacional presente nos trabalhos, etc.) bem como de parâmetros como o financiamento em ciência (por habitante), algo que não foi contemplado no estudo da DGEEC.

A bibliometria como ferramenta de avaliação e consequentemente para definição de políticas de financiamento científico é algo correntemente aceite nos dias de hoje. O conhecimento da evolução de critérios de quantidade e qualidade, em diferentes áreas científicas, ao longo dos últimos anos parece ter sido o motivo principal do estudo efetuado e divulgado pela DGEEC.

Após a divulgação do estudo da DGEEC, diversos comentários e interpretações, nomeadamente de decisores políticos e de investigadores com impacto na opinião pública, surgiram em resposta à divulgação dos documentos da DGEEC.

As interpretações que o primeiro documento (intitulado “Impacto”) induziu talvez tivessem sido mais balizadas se o segundo documento (intitulado “Volume”) tivesse sido tornado público pela DGEEC em simultâneo; apesar disso, há falta de outros indicadores necessários para inferir acerca da qualidade, produtividade e eficiência da ciência portuguesa em contexto europeu, os quais serão propostos neste trabalho. É amplamente reconhecido que o volume de publicações, assim como o seu impacto individual, medido vulgarmente pelo número de citações recebidas, são usados para validar a qualidade da ciência. No entanto, vários fatores adicionais, e de relevância, não foram considerados no estudo da DGEEC, como por exemplo, o investimento feito

em ciência e o número de investigadores nos vários países da UE. O investimento em ciência pode ter fontes variadas (privado e público). Numa primeira aproximação pode ser estimado pelo montante correspondente ao Orçamento de Estado (OE) alocado à ciência. Em Portugal, a fonte de financiamento para a ciência é, fundamentalmente, devida à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

Neste trabalho, serão feitas algumas considerações, de âmbito geral, considerando:

- (1) o cálculo e interpretação do impacto médio por publicação (referente ao primeiro documento apresentado pela DGEEC);
- (2) a correlação existente entre os dados referidos em (1) e os dados correspondentes ao volume da produção científica, normalizados pela população (indicador de produtividade – referente ao segundo estudo disponibilizado pela DGEEC);
- (3) a inclusão de um terceiro indicador, relativo ao investimento em ciência por habitante (que será traduzido no custo da produção de um artigo nos diferentes países Europeus). Note-se que a informação recolhida no ponto (2) produz, desde logo, uma alteração nas posições relativas de Portugal (e dos restantes países da UE-15) estabelecidas no primeiro estudo, ponto (1).

Em resumo, as considerações apresentadas têm como objetivo escarpelizar alguns dos dados e a forma como a sua interpretação deveria ser passível de muitas interrogações. As interpretações erróneas, e baseadas nos dados da DGE-EC, teriam sido amplamente minimizadas se os documentos “Impacto” e “Volume” tivessem sido publicados em simultâneo e se, adicionalmente, nesse mesmo conjunto de dados, constassem os dados relativos ao investimento feito em ciência por habitante.

1. “IMPACTO” MÉDIO POR PUBLICAÇÃO NA UE-15

A forma como foi calculado o impacto médio por publicação do agregado UE-15 no documento da DGEEC, a nível global e por área científica, levantou dificuldades na sua leitura e interpretação. Este indicador de impacto foi essencialmente lido como um parâmetro puramente de qualidade, traduzindo assim a baixa qualidade da ciência portuguesa.

No documento da DGEEC, em cada país, num determinado período, o impacto médio por publicação é calculado da seguinte forma: o número de citações recebidas nesse período é dividido pelo número das respetivas publicações desse mesmo período.

Aplicando a mesma metodologia a todo o domínio, *i.e.*, o número total de citações dividido pelo número total de publicações dos 15 países europeus (UE-15) é obtido um determinado tipo de média – média de contagem global. Contudo, a média assim calculada tende a ser muito menor do que a calculada individualmente para a maior parte dos países. Claramente que a correspondente à contagem global não representa a tendência central e, em alguns casos, apenas países como o Luxemburgo, com uma produção científica reduzida, se encontram abaixo da média calculada.

Note-se que o cálculo direto da média aritmética efetuado sobre as médias de cada país, pode constituir uma alternativa ao cálculo da média de contagem global. A média aritmética produz, naturalmente, uma tendência central mais significativa. A questão que se impõe, no entanto, é a seguinte: porque é que a média da contagem global é tipicamente tão baixa? As publicações consideradas para cada país podem repetir-se noutros países, quando são publicações resultantes de colaboração internacional. Contudo, quando o domínio global é considerado, as publicações de colaboração são contabilizadas apenas uma única vez – considera-se a UE-15 como se de um só país se tratasse. Se as publicações em colaboração internacional receberem mais citações, estas ficam mais diluídas na contagem global do que na contagem das citações nos países individuais detentores das mesmas, reduzindo assim o número de citações por publicação no caso da contagem global. Isto pode explicar o comportamento não expectável do valor da média de contagem global. No limite, o impacto do agregado UE-15 poderia até ser inferior a todos os impactos individuais dos diferentes países.

De forma a ilustrar esta situação e auxiliar na interpretação do significado da média de contagem global, faça-se um

exercício simples e bastante simplificado, usando apenas 3 países (A, B e C) e considere-se que este conjunto de países, para um determinado período, tem uma publicação conjunta de colaboração, aqui designada por $1_{A/B/C}$ (a qual recebeu, durante o mesmo período, 3 citações), e cada um dos países, para o mesmo período, tem uma publicação onde não colaboram os outros dois, aqui designadas por 1_A , 1_B e 1_C (cada uma dessas publicações de “não-colaboração” recebeu 1 citação).

Parte-se do pressuposto, já identificado por outros autores [2], que publicações de colaboração recebem em média mais citações. Neste exercício, considera-se que o número de citações recebidas por uma publicação é proporcional aos países participantes.

Tabela 1 – Números de publicações e citações num determinado período de tempo

País	#Publ	#Cit	Impacto [#Cit/#Publ]
A	$1_{A/B/C}$ 1_A	3 1	$\frac{3+1}{1+1} = \frac{4}{2} = 2$
B	$1_{A/B/C}$ 1_B	3 1	$\frac{3+1}{1+1} = \frac{4}{2} = 2$
C	$1_{A/B/C}$ 1_C	3 1	$\frac{3+1}{1+1} = \frac{4}{2} = 2$
UE-3	$1_{A/B/C}$ 1_A 1_B 1_C	3 1 1 1	$\frac{3+1+1+1}{1+1+1+1} = \frac{6}{4} = 1.5$

Como se pode concluir pelos valores obtidos no exercício apresentado, o impacto médio por publicação na UE-3 (1.5) é inferior ao impacto médio por publicação em cada um dos países que fazem parte deste conjunto UE-3 (2).

Uma das leituras mais relevantes dos dados disponibilizados no primeiro documento da DGEEC é a seguinte: o desvio da média aritmética relativamente à média de contagem global da DGEEC é, em grande medida, reflexo da extensão da colaboração entre os países que fazem parte do conjunto sob análise, sendo também este desvio uma indicação de que o impacto (#Cit/Publ) não é meramente um indicador de qualidade e é afetado por outros fatores.

As publicações de colaboração, as quais colhem mais citações [e, reforce-se, não necessariamente pela qualidade (ou apenas pela qualidade) que possuem – mais à frente irão discutir-se estratégias de captação de citações], contribuem de forma positiva para o impacto do(s) país(es) detentores da publicação (sejam ou não os responsáveis por ela, *i.e.*, autores correspondentes). O exercício acima resolvido parece indicar que a diminuição do número de publicações em “não-colaboração” permite aumentar o impacto do país na UE-15.

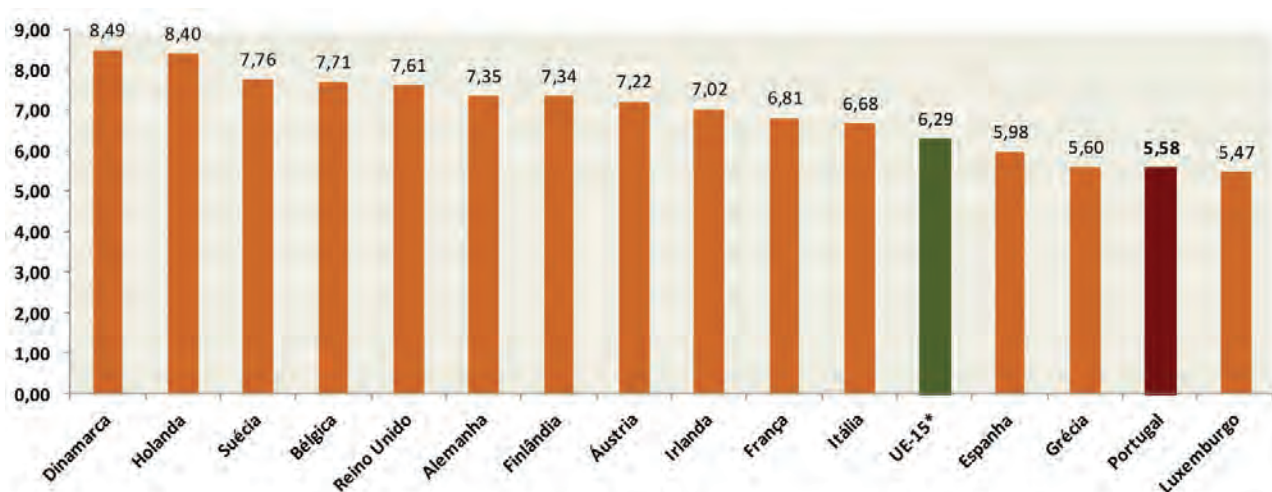


Gráfico 1 – Impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles, notes e reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013.]



Gráfico 2 – Impacto médio normalizado por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles, notes e reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013.]

Em junho de 2014, a DGEEC anexou um apêndice, ao seu documento “Impacto” (publicado previamente – no início do corrente ano), intitulado “Impacto Normalizado”. O impacto normalizado por publicação é uma média ponderada do número de citações por publicação. Para cada conjunto de publicações pertencentes ao mesmo país, ano, área científica e tipologia foi calculado o rácio entre o número de citações recebidas e o número de citações esperadas. O número de citações esperadas baseia-se na média de citações a nível mundial para publicações pertencentes ao mesmo ano, área e tipologia. Posteriormente, para cada país procedeu-se ao somatório das citações normalizadas e à sua divisão pelo número total de publicações. Um valor acima de 1 indica que o impacto médio para o país está acima da média mundial, um valor abaixo de 1 indica o oposto.

O indicador impacto (e impacto normalizado), Figuras 1 e 2, posiciona (i) a Dinamarca e a Holanda no grupo de países topo, seguido do grupo constituído por (ii) Suécia, Bélgica e Reino Unido. Numa posição intermédia aparece o grupo de países constituído por (iii) Alemanha, Finlândia, Áustria e Irlanda. Com menores valores de indicador

impacto aparece o grupo de países constituído por (iv) França e Itália e, por fim, (v) a Espanha, Grécia, Portugal e Luxemburgo aparecem no grupo de países com menores valores de indicador impacto. Como já foi acima discutido, os valores do cálculo do indicador impacto e consequentemente a ordenação dos países, tendo por base apenas este indicador, é um reflexo, em parte, do volume de publicações em colaboração que cada país tem. Neste ponto, pode colocar-se uma questão: deveria Portugal aumentar o número de publicações em colaboração?

Ainda relativamente aos dados da DGEEC apresentados no documento “Impacto”, os resultados apresentados para algumas áreas do saber merecem ser comentados: (i) o caso da Engenharia (onde a Alemanha, surpreendentemente, aparece na penúltima posição); (ii) o caso da Física (em que o facto de se encontrar, via CERN, englobada na “Big Science” induzirá uma leitura que não pode ser extensível às outras áreas); (iii) o caso da área Ciências do Espaço (onde o impacto das publicações é largamente fruto da colaboração internacional, que não decorre *tout court* dos dados crus apresentados, e que pode conduzir a leituras diversificadas).

1.1 O CASO DA ENGENHARIA

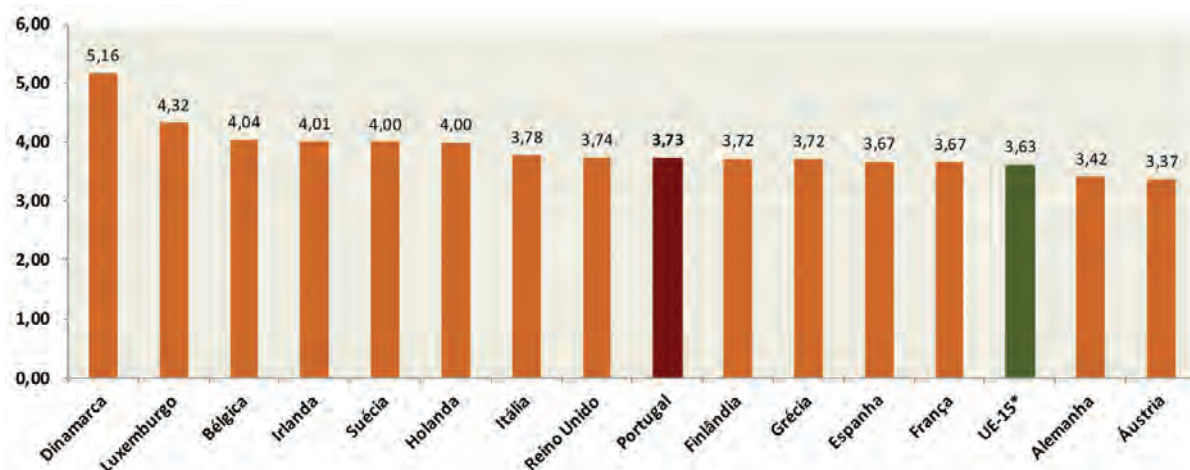


Gráfico 3 – Engenharia: Impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles*, *notes* e *reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013.]

Como é que se pode explicar a posição da Alemanha (penúltimo lugar – Gráfico 3) no que respeita ao impacto da Engenharia na UE-15? Quando se fala em Engenharia, esta associa-se comumente à Alemanha! A leitura que se pode fazer relativamente à posição da Alemanha no documento da DGEEC é essencialmente que o impacto desta área científica não pode ser medido pelo número de citações por publicação. Antes de avaliar, é necessário caracterizar, e, com certeza, esta é uma área com algumas especificidades. Uma delas depreende-se com um canal privilegiado de comunicação por quem faz investigação em Engenharia – *Proceedings Paper* – tipo de documento que não foi tido em conta no estudo da DGEEC.

Fez-se um exercício simples, para o ano de 2013, para o caso de Portugal (transversal aos outros países da UE-15) relativamente ao número total de publicações de várias naturezas, a percentagem de *Proceedings Paper* na área da Engenharia é ca. 45%, já na área da Química é de apenas 1%!

Há outros fatores que podem também contribuir para a explicação das anomalias no caso da Engenharia. Por exemplo, muita da investigação nesta área pode ser feita em indústrias (ou mesmo em universidades) e as descobertas ou resultados científicos serem patenteados em vez de publicados na forma de artigo ou *Proceedings Paper*. Note-se que a DGEEC também não tomou em conta as patentes no cálculo do impacto.

1.2 O CASO DA FÍSICA

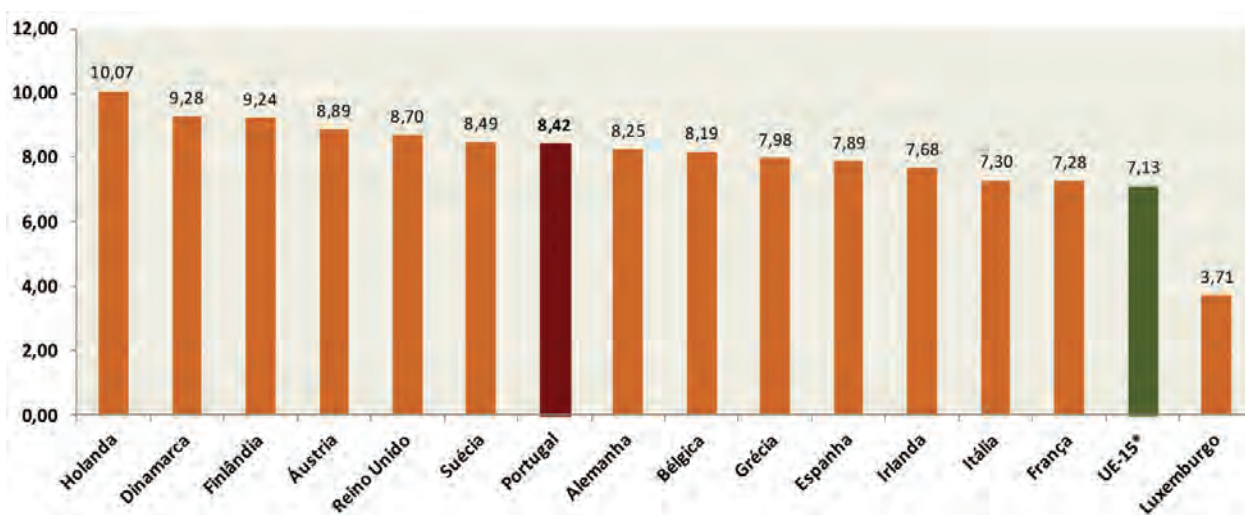


Gráfico 4 – Física: Impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles*, *notes* e *reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013.]

O QUÍMICA DESEJA-LHE BOAS FESTAS

Para qualquer área científica, a avaliação da investigação (em todas as vertentes), tem de ser adaptada às suas especificidades e daí a importância crucial da caracterização detalhada das áreas. Para ilustrar esta importância e melhor perceber a posição da Física em Portugal relativamente a outras áreas ir-se-ão analisar as outras duas áreas pertencentes às ciências exatas – a Química e a Matemática.

O número médio de autores por publicação nas áreas da Química e da Matemática é 5 – 6 e 2 – 3, respetivamente. No caso da Física, no que respeita ao número médio de autores por publicação e consequentemente número de instituições envolvidas (colaborações), o facto de estar largamente associada a grandes organizações científicas, como é o caso do CERN, distancia-se de forma incomparável das outras duas áreas das ciências exatas. A publicação relativamente recente na área da Física – *Physics Letters B* 688 (2010) 21 – 42 – é espelho disso mesmo: 3222 autores, 208 instituições, 37 países.

Sabe-se que quanto maior for um número de autores de uma publicação e maior for a internacionalização da publicação, mais citações essa mesma publicação receberá.

Os fatores aqui mencionados poderão explicar parcialmente o impacto que a Física portuguesa tem na Europa (8,42 citações/publicação) e a posição que ocupa – 7.^a posição, relativamente ao impacto que a Química (6,24 citações/publicação) e a Matemática (1,75 citações/publicação) têm, posicionando-se ambas na 14.^a posição (penúltimo lugar).

1.3 O CASO DAS CIÊNCIAS DO ESPAÇO

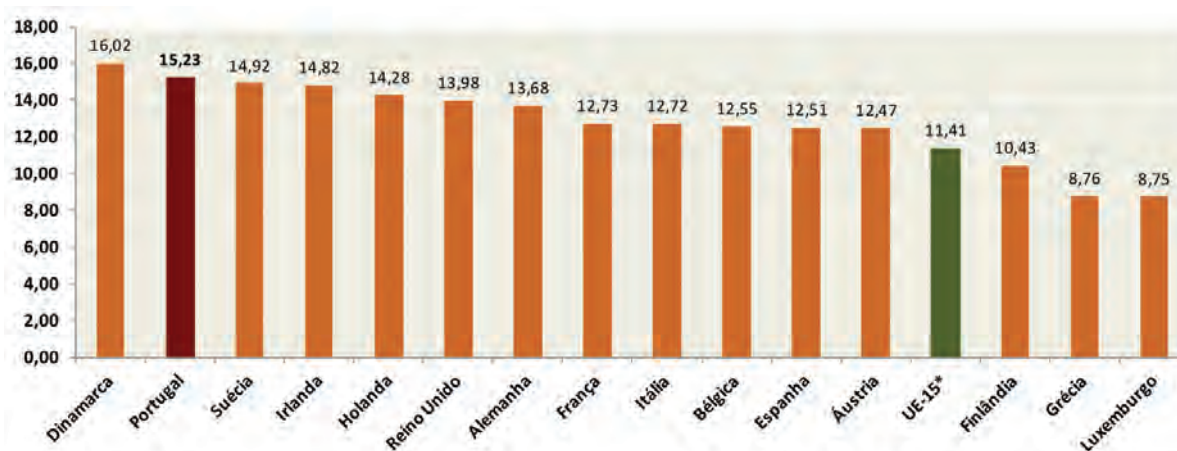


Gráfico 5 – Ciências do Espaço: Impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo [Dados extraídos pela DGECC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles*, *notes* e *reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013.]

No que respeita à área Ciências do Espaço, Portugal posiciona-se numa posição cimeira, em 2.^o lugar (Gráfico 5).

É sabido que há áreas científicas que não estão tão bem estabelecidas, nem são tão autossuficientes como outras. Naturalmente, as primeiras têm necessidade de recorrer a mais colaborações internacionais. Poderão então ser as colaborações internacionais em que Portugal está envolvido um dos fatores determinantes do impacto das Ciências do Espaço?

A nível mundial, todos os países (de forma mais ou menos extensa) estão envolvidos em colaborações científicas internacionais.

O conjunto de países europeus mais relevante, em termos de estabelecimento de colaborações com Portugal, inclui Espanha, Reino Unido, França e Alemanha. Note-se que, no que respeita à área da Física, a Suíça também aparece como um país relevante devido à investigação feita no CERN. Fora da Europa, os EUA aparecem como o país mais relevante.

A nível global, os EUA são o núcleo de colaborações mais importantes, seguidos pelo Reino Unido, Alemanha e França [3].

Os dados apresentados na Tabela 2 revelam que os países que estão no topo do *ranking* da DGECC – Impacto – são aqueles que privilegiam as publicações em colaboração: Dinamarca, Holanda, Suécia e Bélgica (ca. de 35 % das publicações destes países são publicações em colaboração com os principais núcleos globais de colaboração – EUA, Reino Unido, Alemanha e França).

Seguindo a mesma tendência, os países que estão nas últimas posições do *ranking* – depreciativamente designados por PIGS: Portugal, Itália, Grécia e Espanha –, são aqueles que têm uma menor percentagem de publicações em colaboração (ca. 27%; aproximadamente, menos 10% do que os países de topo).

As colaborações em que os países da UE-15 que são os maiores núcleos de colaborações (Reino Unido, Alemanha

e França) estão envolvidos (ca. 24%) não influenciam as posições destes países no *ranking*.

O Luxemburgo é uma exceção: com uma percentagem de colaboração de quase 50% posiciona-se em último lugar.

Tabela 2 – Números de publicações dos países da UE-15, no período 2008 – 2013 e respetiva percentagem de colaboração com os principais núcleos a nível mundial – EUA, Reino Unido, Alemanha e França [Fonte: WoS (inclui *articles* e *reviews*). Pesquisa efetuada a 15 de julho de 2014.]

Países UE-15	Nr. Total Publicações	Nr. / % Colaboração	Posição Ranking Impacto DGEEC
Dinamarca	63946	23026 / 36	1
Holanda	161194	56582 / 35	2
Suécia	103741	33271 / 32	3
Bélgica	89120	32161 / 36	4
Reino Unido	504079	122868 / 24	5
Alemanha	460341	110166 / 24	6
Finlândia	51773	15180 / 29	7
Áustria	60067	25057 / 42	8
Irlanda	43788	16595 / 38	9
França	330969	79331 / 24	10
Itália	267409	76011 / 28	11
Espanha	235890	59048 / 25	12
Grécia	53380	15569 / 29	13
Portugal	49159	13227 / 27	14
Luxemburgo	2858	1552 / 54	15

No seguimento daquilo que foi dito e da hipótese que se formulou em termos de extensão de colaborações (*i.e.*, quanto maior a extensão de colaborações numa determinada área, maior será também o impacto dessa mesma área) ir-se-á averiguar, para o caso português, a extensão das colaborações para algumas áreas do conhecimento (Tabela 3).

Como se pode verificar a partir dos dados da Tabela 3, as áreas científicas com maior impacto na UE-15, são, de facto, aquelas que têm uma maior percentagem de colaboração internacional.

As Ciências do Espaço são o expoente máximo de visibilidade na Europa conseguida através da elevadíssima percentagem de trabalhos em colaboração (*ca.* 72%). Neste ponto, surge uma questão bastante relevante: qual será a percentagem de contribuição portuguesa (*i.e.*, autores cor-

respondentes de instituições portuguesas) [4]? Outros dois exemplos de áreas científicas que ganham bastante com a colaboração são a Física e a Imunologia.

As áreas científicas com menor impacto na Europa são, de facto, aquelas com menor percentagem de publicações em colaboração internacional: aqui incluem-se a Química e a Matemática.

Além das colaborações internacionais, existem outras estratégias de captação de citações (que não decorrem igualmente da leitura direta dos dados disponibilizados pela DGEEC e que devem ser lidos de forma cautelosa e crítica). Deixam-se aqui algumas formas/estratégias de captação de citações que não são necessariamente devidas à qualidade da publicação as quais distorcem mas não comprometem, apesar de tudo, a validade de uma avaliação bibliométrica não fundamentalista:

Tabela 3 – Portugal: Resultados para algumas áreas científicas, no período 2008 – 2013, respeitantes à percentagem de colaboração com os principais núcleos a nível mundial – EUA, Reino Unido, Alemanha e França. Como se trata de Portugal, sabe-se que as colaborações com o país vizinho, Espanha, são as de maior volume; desta forma, Espanha também foi considerada neste estudo [Fonte: WoS (inclui *articles* e *reviews*). Pesquisa efetuada a 15 de julho de 2014.]

Áreas Científicas	% Colaboração ^a	Posição Ranking “Impacto” DGEEC
Ciências do Espaço	72	2
Física	50	7
Imunologia	43	5
Química	30	14
Ciência dos Computadores	29	14
Ciência dos Materiais	29	14
Matemática	28	14

^a Address: Portugal AND (Spain OR England OR Scotland OR Wales OR United Kingdom OR UK OR France OR Germany OR Switzerland OR USA).

- i) Publicações em revistas com maior fator de impacto;
- ii) Clubes/redes de citações [5];
- iii) Auto-citações (as próprias auto-citações também contribuem para o aumento do número de citações por outros) [6]. Parece que as auto-citações são um ponto-chave! Ainda dentro das auto-citações há nuances: as “auto-citações rápidas” - estas caracterizam-se por figurarem nas duas primeiras frases da Introdução de uma publicação. Veja-se o exemplo num jornal relativamente prestigiado (pertence ao 2º quartil) *Journal of Applied Physics* 114(4), 2013, 043705 DOI: 10.1063/1.4816315, no qual os autores autocitaram 30 dos seus trabalhos nas primeiras duas frases da introdução;
- iv) Utilização de nomes de autores altamente citados (e com reputação internacional, inclusive Prémios Nobel) com diversos endereços institucionais, “puxando” determinadas instituições para o topo em determinados *Rankings* [7].

2. “VOLUME” – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS NORMALIZADO PELA POPULAÇÃO – ALTERAÇÃO DAS POSIÇÕES RELATIVAS DOS DIFERENTES PAÍSES

O documento intitulado pela DGEEC como “Volume” foi tornado público cerca de um mês após ter sido conhecido o documento “Impacto”, discutido no ponto (1) deste trabalho.

O indicador bibliométrico “Volume” não é mais do que a produtividade científica da população dos países da UE-15.

Como se pode ver no Gráfico 6, para o caso da Química, baseado apenas no indicador “Impacto”, Portugal assume a 14.^a posição (penúltimo lugar). Já no *ranking* baseado no indicador “Volume”, Portugal encontra-se numa posição cimeira – correspondente ao 5.º lugar.

Com base apenas nestes dois indicadores, “Impacto” e “Volume”, pode dizer-se que, aparentemente, Portugal não tem um problema na quantidade de trabalho que publica (refletido no 5.º lugar do *ranking* “Volume”). O problema parece estar localizado no número de citações que as mesmas publicações recebem (refletido na penúltima posição do *ranking* “Impacto”, o qual é calculado pelo número de citações dividido pelo número de publicações).

A evolução de Portugal nos últimos 20 anos respeitante aos indicadores “Impacto” e “Volume” está traduzida no Gráfico 7.

Como se pode ver no Gráfico 7, no que respeita à produção científica em Portugal, este revela nos últimos 20 anos uma evolução francamente positiva: cresceu de um fator de escala (cerca de 100 para perto de 1250 artigos por milhão de habitante).

Para o mesmo intervalo de tempo, o número médio de citações por publicação mais do que duplicou (de ~2 para

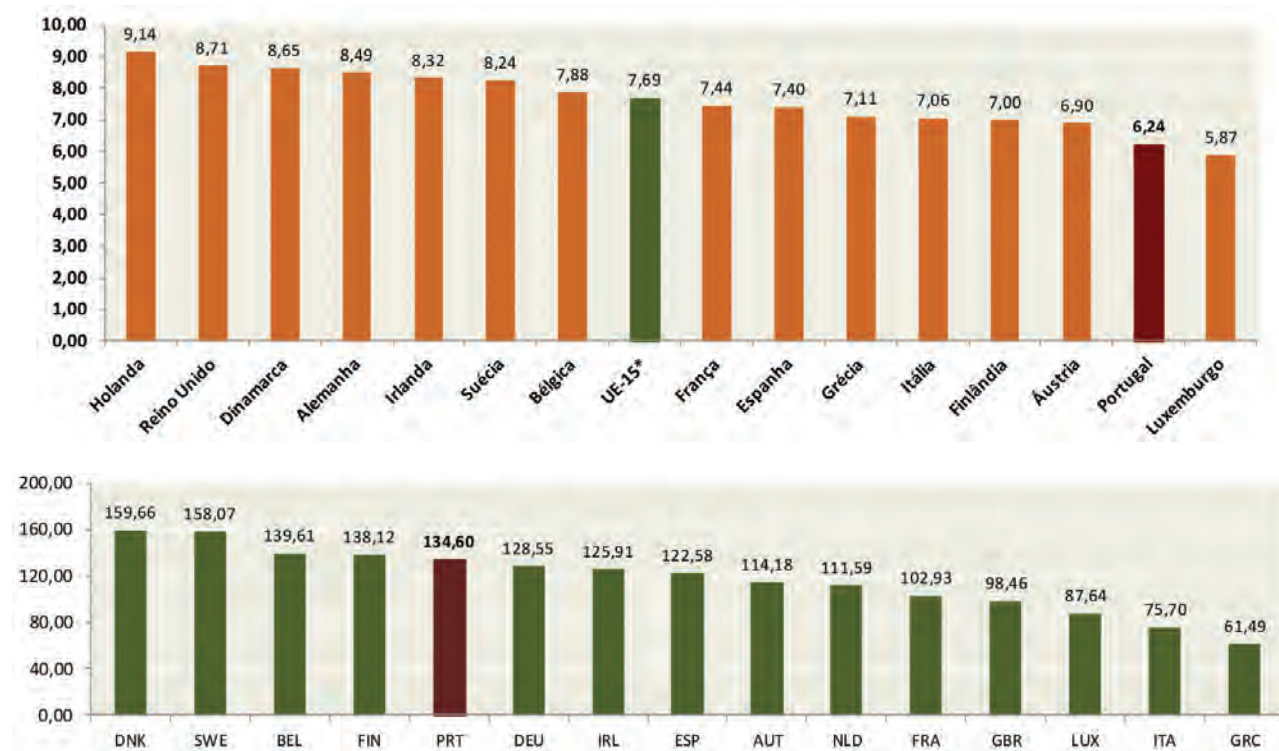


Gráfico 6 – Química: O gráfico que está na parte superior refere-se ao impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio para a área científica em questão. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo. O gráfico que está na parte inferior refere-se ao número de publicações indexadas no ano 2012 normalizadas pela população (milhão de habitantes) do respetivo país [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCitesTM, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles, notes e reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013. Dados da População – *Statistical Office of the European Communities* (Eurostat)]

~5,5). Mais ainda, este crescimento acompanhou a tendência que se verificou na UE-15.

Neste trabalho, falou-se do problema da assincronicidade dos estudos da DGEEC no que diz respeito ao conhecimento público dos indicadores “Impacto” e “Volume”. Contudo, para inferir sobre o estado da ciência portuguesa na Europa, há ainda um indicador adicional que, sem dúvida, se deveria ter feito acompanhar por aqueles dois, o investimento financeiro em ciência.

3. INVESTIMENTO FINANCEIRO EM CIÊNCIA POR HABITANTE: CUSTO DE UM ARTIGO NOS DIFERENTES PAÍSES EUROPEUS

No Gráfico 8 estão representados os países da UE-15 ordenados segundo os três indicadores, “Impacto”, “Volume” e investimento financeiro em ciência traduzido pelo custo de um artigo nos vários países da UE-15.

Note-se que o cálculo do custo médio de um artigo nos diferentes países da UE-15, apresentado no Gráfico 8, teve apenas em conta o investimento governamental. Naturalmente, que tal constitui uma aproximação, sabendo-se que países muito industrializados têm um forte financiamento em ciência por parte da indústria, o que não acontece em países como Portugal.

Os dois países onde o custo de um artigo é mais alto são Alemanha e Luxemburgo, seguidos por França, Áustria e

Finlândia. Neste *ranking*, onde quanto mais em baixo mais produtivo se pode considerar o país, Portugal surge em 13.º lugar, ao nível de Espanha, Reino Unido e Irlanda. A Grécia é um país que se destaca, apresentando-se como o que consegue produzir um artigo com o menor custo.

Se tivermos em conta que o Reino Unido e a Irlanda usufruem de um fortíssimo investimento extragovernamental em ciência, não contabilizado nestes cálculos, e que, consequentemente, os valores apresentados no Gráfico 8 para estes países se encontram subestimados, então poderá concluir-se que os países que estão na cauda em termos de “Impacto”, Portugal, Espanha e Grécia, são também aqueles que têm menos financiamento em Ciência!

Os países europeus com os investimentos em ciência mais modestos estão a trabalhar bem com poucos recursos. Estes resultados são uma indicação de que em Portugal, em particular, é necessário investir mais em ciência para se atingirem os níveis de outros países europeus com investimentos em ciência muito mais avultados (nomeadamente em termos de citações).

O CASO DE PORTUGAL: CITAÇÕES VS. PUBLICAÇÕES, CITAÇÕES VS. INVESTIMENTO FINANCEIRO, CITAÇÕES VS. NÚMERO DE INVESTIGADORES

Para ordenar um conjunto de países, neste caso os que fazem parte da UE-15, a nível global, *i.e.*, incluindo todas as áreas do saber, ou em termos de áreas científicas, a

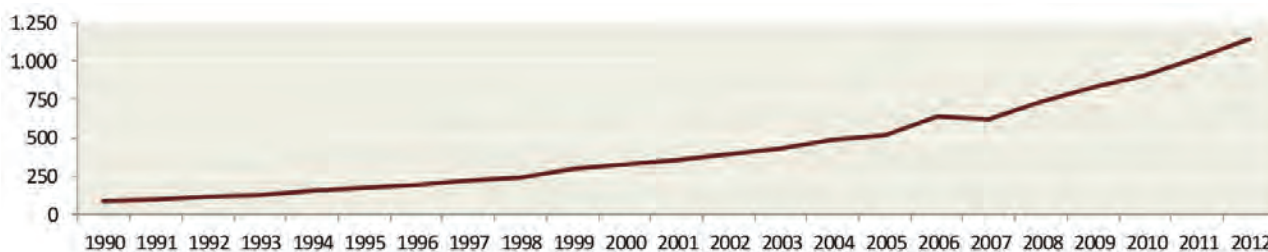
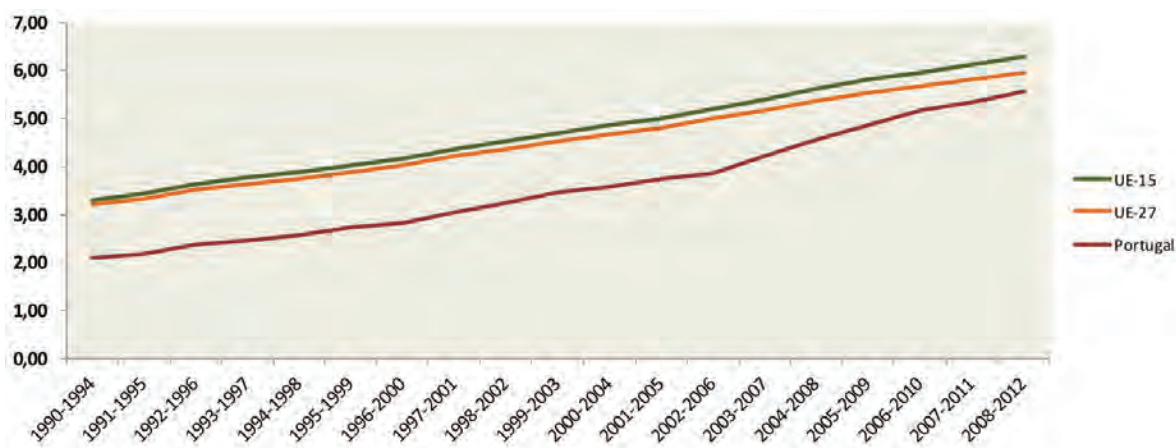


Gráfico 7 – Gráfico superior: Evolução do impacto médio por publicação indexada na *Web of Science* (artigos, revisões e notas): 1990 – 2012. O impacto médio por publicação obtém-se dividindo o número total de citações no quinquénio pelo número de publicações no mesmo quinquénio. Gráfico inferior: Evolução do número de publicações indexadas por milhão de habitantes em Portugal: 1990 – 2012 [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCites™, Thomson Reuters (2012) – Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles*, *notes* e *reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013. Dados da População – *Statistical Office of the European Communities* (Eurostat)]

caraterização prévia dos países/instituições em termos de áreas científicas que desenvolvem é crucial. [8] É também crucial conhecer os objetivos pelos quais se impõe uma ordenação dos países. A posição em que se encontra um país depende, naturalmente, dos objetivos previamente definidos. Uma caraterização adequada permitirá também uma escolha criteriosa de um conjunto de indicadores que reflitam as caraterísticas dos sistemas sob estudo e que respondam aos objetivos previamente definidos. [9]

Uma questão crucial respeitante à ordenação de um conjunto de países é também a normalização. Voltando ao caso da normalização do número de citações; naturalmente, que o número de citações que recebe um determinado conjunto

de publicações num determinado período de tempo pode ser normalizado pelo número de artigos (“Impacto” – 1.^{os} dados tornados públicos pela DGEEC). Este indicador mede, de facto, o impacto médio de cada publicação. Contudo, para instituições/países pequenos a produção é reduzida. Também o número de investigadores nos diferentes países varia. Estas caraterísticas não são tidas em conta apenas no indicador “Impacto”.

As citações devem também ser normalizadas pelo investimento financeiro feito em ciência, i.e., o número de citações por euro investido, bem como pelo número de investigadores do país sob análise, dando o número de citações que cada um recebe. Somente tomando em conta todos

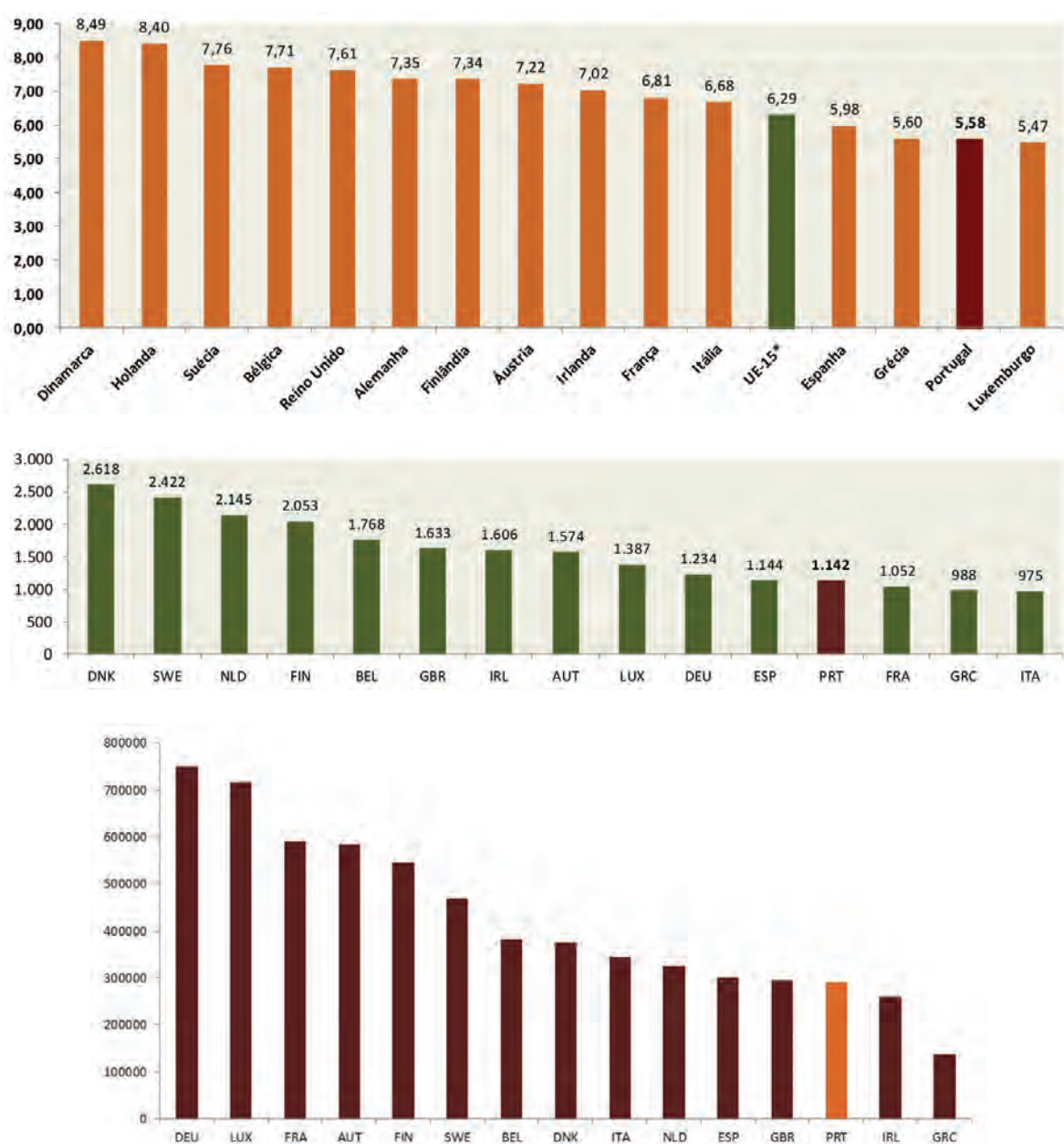


Gráfico 8 – Gráfico superior: Impacto médio por país da UE-15 no quinquénio 2008 – 2012. O impacto médio por publicação é a razão do número total de citações no quinquénio e do número total de publicações no mesmo quinquénio. O impacto médio do agregado UE-15 é calculado contabilizando a totalidade das publicações produzidas (e das citações recebidas) na UE-15 como um todo. Gráfico do meio: Número de publicações indexadas no ano 2012 normalizadas pela população (milhões de habitantes) do respetivo país [Dados extraídos pela DGEEC da fonte: InCitesTM, Thomson Reuters (2012) - Módulo *Global Comparisons* (inclui *articles*, *notes* e *reviews*). Última atualização a 3 de julho de 2013. Dados da População – *Statistical Office of the European Communities* (Eurostat)]. Gráfico inferior: Custo de um artigo (em Euros) nos diferentes países da UE-15 – valores referentes a 2011 [Dados extraídos da PORDATA (2011) <http://www.pordata.pt/>].

estes indicadores conjuntamente, se poderá inferir acerca da qualidade/impacto, produtividade e eficiência da ciência portuguesa em contexto europeu.

AGRADECIMENTOS

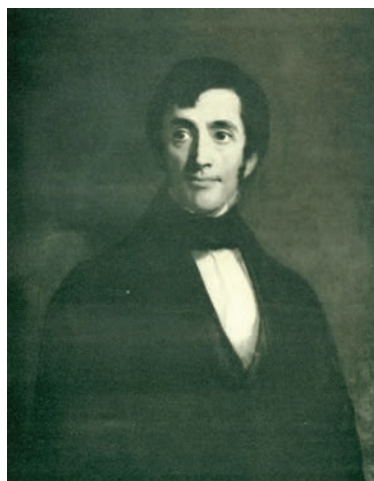
Os autores agradecem ao Centro de Química de Coimbra, CQC, financiado pelo Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através do projeto PEst-OE/QUI/UI0313/2014. A autora Tânia F.G.G. Cova agradece também à FCT pela bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/95459/2013.

REFERÊNCIAS

- [1] SDBS Web: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/210/> (Direcção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência, acedido a 20-11-2014)
- [2] R. K. Pan, K. Kaski, S. Fortunato, *Scientific Reports* **2** (2012), Article number: 902 doi: 10.1038/srep00902 2012
- [3] C. L. Smith, *The Academic Executive Brief* **1** (2011), 2-5
- [4] T. F. G. G. Cova, S. Jarmelo, S. J. Formosinho, J. S. Seixas de Melo and A. A. C. C. Pais (2014), *Journal of Informetrics*, (aceite para publicação). DOI: 10.1016/j.joi.2014.11.005
- [5] J. P. A. Ioannidis, K. W. Boyack, H. Small, A. A. Sorensen, R. Klavans *Nature* **514** (2014) 561-562
- [6] SDBS Web: http://marginalrevolution.com/marginalrevolution/2007/04/does_selfcitati.html Marginal Revolution, (acedido a 20-11-2014)
- [7] L. Bornmann, J. Bauer (2014), *Journal of the Association for Information Science and Technology*, <http://arxiv.org/abs/1407.2037v6>
- [8] T. F. G. G. Cova, A. A. C. C. Pais, S. J. Formosinho, *Scientometrics* **94** (2013), 3, 1239-1251
- [9] J. A. S. Almeida, A. A. C. C. Pais, J. S. Formosinho, *Journal of Informetrics* **3** (2009), 134-142

ANTIGUIDADES CIENTÍFICAS

JOHN DAVY E A DESCOBERTA DO FOSGÉNIO



John Davy (1790-1868), natural de Penzance (Cornualha, Reino Unido), era um jovem de dezoito anos quando iniciou na *Royal Institution* a função de assistente do irmão mais velho, o célebre químico Humphry Davy. Deste período ficou-lhe uma grande apetência para a ciência praticada e

professada pelo irmão – ou não estivesse ela nos genes familiares¹ – mesmo que dois anos depois tenha ido estudar Medicina para Edimburgo. Após a obtenção do diploma de médico, em 1814, John Davy viria a ser *Fellow* da *Royal Society* de Londres, tendo até ao fim dos seus dias servido como médico militar nas muitas partes do globo pertencentes ao Império Britânico.

Da sua actividade científica no domínio da Química destacou-se a descoberta em 1812 do fosgénio (dicloreto de carbonilo, COCl_2). Ao fazer reagir volumes iguais de monóxido de carbono e de cloro expostos à luz solar, John

Davy verificou que ao fim de cerca de meia hora de reacção a cor esverdeada do cloro tinha desaparecido e que os dois gases se tinham combinado, reduzindo-se o volume original da mistura para metade. A designação de *fosgénio*, por ele criada, deveu-se ao facto do novo composto ter sido obtido por acção da luz (*phos* em grego).²

Curiosamente isto passou-se quando não tinham decorrido mais de quatro anos após a lei da combinação dos volumes dos gases ter sido enunciada por Gay-Lussac. Tal bastaria, todavia, para que John Davy estivesse ciente da importância da medição rigorosa dos volumes dos gases envolvidos nas reacções, tendo chegado a referir que a “relação de proporções é uma das mais belas partes da filosofia química e a que se revela mais promissora, quando posta em prática, para elevar a Química ao estado e à exactidão de uma ciência matemática”³.

Ao longo do século XIX o fosgénio viria a adquirir importância industrial, em particular na produção de corantes; o século XX haveria, porém, de lhe dar outras aplicações...

(fonte: M.E. Weeks, *J. Chem. Educ.* **13** (1936) 503-507)

João Paulo André
(jandre@quimica.uminho.pt)

¹ O primo Edmund Davy também se notabilizou como químico (vide J. Russel, *J. Chem. Educ.* **30** (1953) 302-304)

² Artigo original da descoberta do fosgénio: *Phil. Trans.*, **102** (1812) 144-151

³ Vide T.A. Ryan, E.A. Seddon, K.R. Seddon, C. Ryan, “Phosgene: And Related Carbonyl Halides”, Elsevier, Amesterdão, 1996