

## A consolidação da investigação em energias renováveis em Portugal: Redes de colaboração nacionais e internacionais

Luís Junqueira<sup>1</sup>

*Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa*

### RESUMEN

As energias renováveis são parte essencial do actual processo de transição para sistemas energéticos baseados em energias endógenas e ambientalmente sustentáveis, mas a sua aplicação depende da sua maturação a nível de custo e ineficiente e da criação de know-how a nível local. No entanto, a literatura sobre a investigação nesta área é bastante limitada, apesar do destaque que as rubricas de energia adquiriram nos mecanismos europeus de financiamento de ciência. Este trabalho procura traçar a formação de uma comunidade de investigação em energias renováveis em Portugal num momento em que o país investiu fortemente na sua implementação, a partir da análise da produção científica e de redes de coautoria dos artigos indexados na Scopus com autores em instituições portuguesas e publicados no período 2001-2015. Os dados mostram a formação e crescimento rápido de uma comunidade sobretudo na área dos sistemas de energia e energia eólica, que reflete a sua ênfase no financiamento de ciência e as necessidades da indústria, e que se internacionalizou diversificando os seus parceiros, mas reforçando a colaboração bilateral com países com os quais mantém afinidades - Espanha (geográfica), Brasil (linguística), EUA (programa de colaboração na área).

**Palabras clave:** *Redes Sociais – Colaboração científica – Coautoria.*

### ABSTRACT

Renewable energies are an essential part of the current process of transition to energy systems based on endogenous and environmentally sustainable technologies, but their successful implementation depends on their maturation and the creation of local know-how. However, the literature on research in this area is rather limited, despite the emphasis that the energy lines have acquired in European science funding mechanisms. This work seeks to trace the formation of a research community in renewable energies in Portugal at a time when the country invested heavily in its implementation, based on the analysis of the scientific production and co-authorship networks of articles indexed in Scopus with authored in Portuguese institutions and published in the period 2001-2015. The data shows the formation and rapid growth of a community, particularly in energy systems and wind energy, which reflects its emphasis on science funding and the industry's needs. This community has diversified its international partners, but also strengthening bilateral collaboration with countries with which it maintains affinities - Spain (geographical), Brazil (linguistic), USA (collaboration program in the area).

**Key words:** *Social Networks – Scientific Collaboration – Coauthorship.*

<sup>1</sup> Contacto con los autores: Luís Junqueira ([luis.junqueira@ics.ulisboa.pt](mailto:luis.junqueira@ics.ulisboa.pt)).

A análise de redes científicas tem beneficiado largamente da disponibilidade de informação sistematizada sobre publicação científica acessível através da web, particularmente a Web of Science e Scopus. Estas bases permitem aceder a grandes volumes de informação sobre publicações, que obrigam ao uso de procedimentos metodológicos capazes de fazer um tratamento sistemático dos dados obtidos. A bibliometria é útil na medida em que as redes extraídas dos dados permitem desvendar padrões de relações que se traduzem em estruturas sociais com alguma permanência e regularidade (Abbasi, Hossain, Uddin, & Rasmussen, 2011; Bordons, Aparicio, González-Albo, & Díaz-Faes, 2015; Jansen, Götz, & Heidler, 2009). Uma rede de colaboração científica é um espaço social (Katchanov, Markova, & Shmatko, 2016), com mecanismos próprios de produção e reprodução de relações (Moed, De Bruin, Nederhof, & Tijssen, 1991), e uma representação da mesma é uma ferramenta importante para o estudo de algumas das dinâmicas que sustentam a organização social do trabalho científico.

As relações de coautoria ligam autores através da participação mútua na produção de outputs e têm-se mostrado úteis na compreensão de vários fenómenos ligados à organização das comunidades científicas, como os processos de hierarquização na ciência (Gmur, 2003; Leydesdorff & Rafols, 2009; Rossoni & Guarido Filho, 2012) ou a formação de novas áreas disciplinares (Ronda Pupo & Guerras Martín, 2010; Roth & Bourgine, 2005). Assim, análise de redes de coautoria, apesar das limitações associadas, permite aceder a bastante informação sobre os processos de colaboração em ciência (2000).

Mas até que ponto a coautoria de artigos pode ser vista como uma representação desta colaboração científica? A coautoria de artigos não esgota as possibilidades de colaboração - a colaboração científica abrange outros tipos de documentos como a coautoria de patentes, a coorganização de livros, a apresentação de comunicações conjuntas em conferências, working papers ou relatórios, que são geralmente excluídos destas plataformas de indexação de publicações académicas (Bourke & Butler, 1996; R J W Tijssen & Van Leeuwen, 1995), mas também a participação conjunta em atividades como projetos de investigação, organização de conferências, atividades de formação e a organização de eventos para público não especializado. É verdade que análise bibliométrica privilegia um tipo particular de colaboração académica - aquela que se traduz em escrita de artigos científicos indexados -, mas esta não deixa de ser a mais importante instância de produção científica, e

muitas das outras situações de colaboração, como participação em projetos têm, em geral, o objetivo de produção de artigos científicos. Assim, ainda que parcial, a bibliometria é uma aproximação razoável da colaboração, com grandes vantagens em termos de extensão dos dados disponíveis e em possibilidades de um tratamento sistemático dos mesmos (Molina, 2009; Russell, Madera Jaramillo, & Shirley, 2009).

A colaboração é um elemento importante na atividade científica e tem vindo a crescer de forma significativa ao longo dos últimos 30 anos (Cronin, 2001; Ovalle-Perandones, Perianes-Rodríguez, & Olmeda-Gómez, 2009; Persson, Glanzel, & Danell, 2004; Ronda-Pupo & Sylvan Katz, 2016). Em particular, a literatura tem prestado atenção ao crescimento da colaboração científica internacional (Katz & Martin, 1997; Leydesdorff & Wagner, 2008; Wagner & Leydesdorff, 2005) e à forma como a colaboração reproduz e manifesta a hierarquização da ciência.

As dinâmicas de centro-periferia a nível europeu derivam em grande parte dos incentivos dados no quadro da União Europeia à colaboração entre os seus países membros e tem bastante impacto sobretudo no sistema científico dos países mais pequenos. Este fenómeno é identificado em alguma literatura como continentalização ou europeização (Makkonen & Mitze, 2016; Robert J.W. Tijssen, 2008), incorre no risco de dependência dos países mais periféricos da UE, como os do Sul, em particular Portugal e Grécia (Zitt, Bassecoulard, & Okubo, 2000), ou da Europa de Leste, que vêm os sistemas científicos pouco desenvolvidos crescer a um ritmo acelerado devido ao financiamento disponibilizado através dos programas quadro da Comissão Europeia (Acosta, Coronado, Ferrández, & León, 2012; Hoekman, Frenken, & Tijssen, 2010; Horta & Veloso, 2007), mas em que esse crescimento fica ancorado na colaboração com os seus congéneres do centro da Europa em detrimento das relações com outros países. Esta dinâmica sobrepõe-se a uma tendência para os países periféricos manterem taxas elevadas de colaboração internacional (Chimhundu, de Jager, & Douglas, 2015; McKerlich, Ives, & McGreal, 2013). Em primeiro lugar, simplesmente porque um sistema científico pouco desenvolvido implica que a maioria dos potenciais colaboradores se encontrem no exterior do país. Em segundo, porque estes países dependem da colaboração internacional para aumentar a visibilidade da investigação e a atratividade dos outputs científicos (Katz & Martin, 1997; Ronda-Pupo & Sylvan Katz, 2016). Em suma, no contexto da competição internacional, a colaboração ajuda a 'vender' a ciência portuguesa que nos 90

tinha das maiores taxas de colaboração internacional em publicações de artigos da Europa (Glazel, 2001).

Este artigo procura traçar o desenvolvimento da colaboração científica em Portugal a partir da área das energias renováveis ao longo do período 2001-2015. Como se desenvolveu a comunidade de investigadores em energias renováveis em Portugal? Quais as suas principais dinâmicas da colaboração nacional e internacional?

Na primeira parte do artigo, traça-se o desenvolvimento da colaboração a nível nacional, através da análise da progressão da rede de coautoria dos investigadores radicados em Portugal entre 2001 e 2015, dividida em períodos de 5 anos. A segunda parte, explora as dinâmicas das colaborações internacionais dos investigadores portugueses através da representação da ego-rede das coautorias internacionais de Portugal ao nível do país.

## MÉTODO

Este trabalho recorre a uma base de artigos indexados para a construção de uma rede de coautoria. A indexação de artigos científicos é dominada por dois serviços, a Web of Science, criado em 1964 como Science Citation Index e o Scopus, lançado em 2004 pela Elsevier, um dos principais grupos de publicação de periódicos científicos. As duas bases tem uma cobertura relativamente semelhante com algumas diferenças na cobertura de periódicos mais antigos (em que a cobertura da Web of Science é mais abrangente) e na cobertura de periódicos em línguas que não o inglês (vantagem para a Scopus) (Harzing & Alakangas, 2016; Mongeon & Paul-Hus, 2016). As bases de dados têm ainda algumas diferenças na forma como armazenam dados bibliográficos que são relevantes para este trabalho. A Web of Science armazena os nomes dos autores por extenso, ao contrário da Scopus, em que os autores são identificados por último nome e pelas iniciais dos restantes. O uso de nomes por extenso facilita bastante as tarefas de desambiguação, ao reduzir o número de situações em que autores diferentes partilham o mesmo nome. Infelizmente, embora a Web of Science tenha uma boa cobertura histórica, a base apenas associa os autores à sua instituição de acolhimento a partir de 2008, o que torna impossível distinguir os autores radicados em instituições portuguesas dos radicados em instituições estrangeiras. A identificação da comunidade nacional de investigadores em energias renováveis é essencial para este trabalho e a Scopus consegue cobrir este requisito para o

período em estudo (2001-2015). Este período foi escolhido, porque cobre um momento de investimento político e implementação acelerada de energias renováveis em Portugal – marcado pelo lançamento do programa *E4* em 2001 –, mas também de investimento no sistema científico e tecnológico português – iniciado pelo lançamento do programa *Compromiso com a Ciência* em 2006.

A área das energias renováveis é uma área interdisciplinar e que recebe contribuições de disciplinas diferentes como as engenharias mecânica, eletrotécnica e química, a ciência dos materiais, a química ou a física. Tendo em conta esta diversidade, a escolha das áreas a cobrir nos termos de pesquisa partiu de entrevistas a 5 investigadores em áreas diferentes das energias renováveis e a uma recolha de informação sobre os centros de investigação a trabalhar nesta área em Portugal. Tendo em conta a minha intenção de limpar manualmente a base de dados após a pesquisa, esta foi concebida para ser abrangente.

Embora a base de dados tenha uma secção de periódicos sobre energia, esta pode não cobrir artigos que sejam publicados em revistas das áreas disciplinares de origem dos autores, o que torna difícil construir uma base bibliográfica que reflita a produção portuguesa na área. Ainda assim, escolhi limitar a pesquisa à secção de energia, uma vez que uma pesquisa mais abrangente corre simultaneamente o risco de introduzir outros enviesamentos nos dados ou incorporar muita produção científica que não se enquadre no âmbito deste estudo.

A versão final da base de dados bibliográfica usada neste trabalho foi recolhida da Scopus em 16-03-2016 através de uma pesquisa segundo os seguintes termos:

- Publicação entre 2001 e 2015
- Publicação em revista científica ou ata de conferência
- Periódico classificado como parte da área temática de energia
- Pelo menos um investigador de uma instituição portuguesa entre os autores
- Pelo menos um dos termos seguintes está presente no título, palavras-chave, ou resumo do artigo: 'solar', 'photovoltaic', 'wind', 'eolic', 'biomass', 'wave', 'hydro\*', 'geothermal', 'sustainable', 'renewable'

A base bibliográfica resultante (1354 entradas) foi sujeita a um processo de limpeza manual, de forma a retirar entradas cujo tema de investigação diz respeito a temática que não encaixam na investigação em energias

renováveis. Este procedimento resultou numa base de 1102 artigos científicos.

Esta base de dados foi processada por computador, recolhendo os elementos individuais no campo da base de dados que contém as moradas dos investigadores para produzir uma representação em rede em que os vértices representam os autores e as arestas representam as instâncias de coautoria.

Um dos problemas identificados na análise de redes de coautoria é o potencial impacto de uma identificação errada dos autores. Dois ou mais autores diferentes podem partilhar um mesmo nome, criando um problema de aglomeração que distorce as redes ao ligar grupos de autores que não deveriam estar ligados. Por outro lado, um mesmo autor pode estar identificado na base de dados por mais do que um nome, potencialmente separando partes da rede. Acresce que ambos os problemas interferem substancialmente em métricas da qual análise depende, como o grau, podendo levar a uma identificação errónea de quem são os elementos importantes da rede. O trabalho da rede requer, portanto, a implementação de um processo que permita desambiguar autores, isto é, atribuir cada registo de autoria de artigo ao seu autor correspondente, mesmo em casos em exista ambiguidade nos nomes.

Os métodos de desambiguação de agentes são uma área de investigação em si mesma, dentro da qual se tem desenvolvido uma área especificamente dedicada à desambiguação de autores em bases bibliográficas (Elliott, 2010; Han, Giles, Zha, Li, & Tsoutsouliklis, 2004; Veloso, Ferreira, Gonçalves, Laender, & Meira, 2012). O método utilizado neste estudo é uma adaptação do algoritmo heurístico usado por Cota et al (2010) que parte da ideia que os investigadores mantêm alguma continuidade nos autores com quem colaboram e nos temas sobre os quais publicam. Este método foi escolhido por não depender de conhecimento previo da identidade ou número de autores e por depender de uma número limitado de parâmetros (nomes de autores e títulos dos trabalhos). Dado que a base bibliográfica foi limitada a um grupo temático do serviço de indexação (Energy, Scopus), a desambiguação de autores com base nos títulos dos periódicos não foi incluída neste procedimento.

O resultado deste processo é ainda relativamente conservador no que toca à fusão de autores com características semelhantes. A decisão por um processo mais conservador deve-se a uma tentativa de evitar aglomeração de autores com identidades diferentes num mesmo agente na rede, que a literatura aponta como produzindo distorções muito significativas nas redes de coautoria. Também porque após o processamento automático inicial a base ganha uma dimensão que possibilita um processo final de ajustamento manual, usando informação adicional como a instituição de acolhimento. A versão final da base de dados de redes contém 2253 autores (nós) ligados por 8857 arestas não direcionadas e com peso correspondente ao número de coautorias que envolvem os nós adjacentes.

## RESULTADOS

Ao longo do período em análise, a investigação em energias renováveis beneficia de um contexto favorável ao seu crescimento. É um período de atividade política, económica e mediática em torno das energias renováveis (Delicado et al., 2015), marcada pelo Programa Eficiência Energética e Energias Endógenas (E4)<sup>1</sup> e pela implantação 4800 MW de parques eólicos em Portugal e de 150MW de energia solar fotovoltaica e por um crescente apoio ao desenvolvimento de alternativas energéticas a nível da União Europeia que culmina na definição de "Energia eficiente, limpa e segura" como um dos grandes desafios das sociedades europeias no programa Europa 2020<sup>2</sup> e no financiamento da atividade científica com o programa Horizon 2020<sup>3</sup>. Em Portugal, foram também definidos sinais da prioridade para a investigação em energias renováveis com a criação de novas rubricas de financiamento (Delicado et al., 2015), a colaboração com o MIT para um programa de investigação e formação avançada em Sistemas de Energia Sustentáveis<sup>4</sup>, e a formação de um fundo de apoio ao I&D em energias renováveis como parte das contrapartidas das licenças de ligação da potência eólica à rede<sup>5</sup>.

Este apoio reflete-se numa consolidação institucional das energias renováveis enquanto área de conhecimento, com a formação

<sup>1</sup> Diário da República, Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001

<sup>2</sup> Jornal Oficial da União Europeia, Comissão Europeia COM(2010) 2020

<sup>3</sup> Jornal Oficial da União Europeia, Parlamento Europeu Regulation No 1291/2013

<sup>4</sup> Diário da República, Resolução do Conselho de Ministros n.º 132/2006

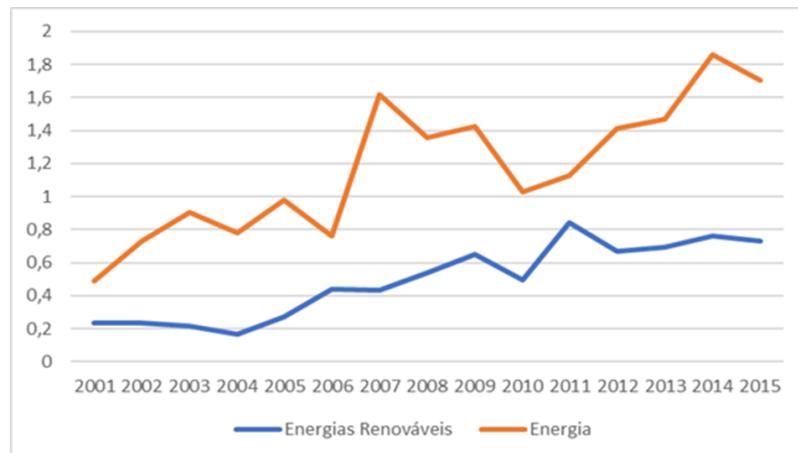
<sup>5</sup> Diário da República, Ministério da Economia e Inovação Despacho 32276-A/2008

laboratórios, equipas de investigação e programas de formação.

Actualmente, as principais instituições de I&D integram grupos de investigação dedicados a esta área. O Instituto D. Luiz da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa tem um unidade com incidência nas novas tecnologias para células solares. O Centro de Investigação em Sistemas e Tecnologias da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto integra um grupo dedicado às energias renováveis. No Instituto Superior Técnico estão ativos o Instituto de Engenharia Mecânica, que tem trabalho desenvolvido na área da energia das ondas, o Centro para a Inovação em Engenharia Eletrotécnica e Energia, com um grupo dedicado às energias alternativas, e o Centro de Recursos Naturais e Ambiente que desenvolve trabalho na área dos combustíveis renováveis. O Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia tem um grupo dedicado à investigação em biocombustíveis. O Instituto Superior Técnico participa também no WaVEC, uma instituição dedicada à energia offshore, em colaboração com a Universidade dos Açores e o Laboratório Nacional de Energia e Geologia. O Centro de Investigação em Cerâmica e Materiais Compósitos da Universidade do Minho tem uma equipa a trabalhar em materiais fotovoltaicos. O Centro de Tecnologias Mecânicas e Ambientais da Universidade de Aveiro desenvolve investigação em sistemas de microgeração. A Universidade de Évora conta também com uma pequena equipa a trabalhar em energia solar no âmbito da Cátedra de Energias Renováveis, inicialmente financiada pelo Banco Espírito Santo, e que se mantém em atividade, apesar de ter perdido a ligação ao BES com o resgate do banco em 2014.

Ainda no contexto do sector público, é importante referir a atividade do LNEG, instituição criada em 2006, a partir do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, do qual herdou competências de investigação, transferência de tecnologia e consultoria na área da energia. A Unidade de Análise Energética e Redes do LNEG, responsável pela caracterização do potencial eólico do território nacional, foi particularmente importante no desenvolvimento do sector. Além desta, o LNEG inclui ainda duas outras unidades de investigação dedicadas às energias renováveis, designadamente a Unidade de Energia Solar e a Unidade de Bioenergia. O LNEG possui também dois laboratórios de certificação, um dedicado aos sistemas solares térmicos e outro aos biocombustíveis, que prestam serviços de apoio às empresas do sector.

A constituição de programas de formação avançada na área avançou também em Portugal ao longo dos últimos anos. O já referido programa MIT Portugal em Sistemas Sustentáveis de Energia, organizado em colaboração com as universidades de Lisboa, Porto e Coimbra, inclui um programa doutoral comum que dispõe de financiamento para participantes através de bolsas de doutoramento suportadas pela FCT. Entre 2007 e 2012, este programa acolheu 79 doutorandos. A Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa oferece, desde 2009, o programa doutoral em Energia e Bioenergia. A Universidade de Aveiro disponibiliza, desde 2011, o programa doutoral em Sistemas Energéticos e Alterações Climáticas. A Universidade de Évora tem ainda o doutoramento em Engenharia Mecatrónica e Energia associado à Cátedra de Energias Renováveis.



**Figura 1.** Número de artigos em energias renováveis e em energia em proporção do total de artigos por investigadores portugueses indexados na Scopus (2001-2015). Fonte: Scopus

A evolução da publicação descreve um crescimento muito significativo desta área científica em Portugal. A produção nesta área passa de quase inexistente (12 publicações em 2001) para 158 publicações em 2015. Este aumento é em parte produto de um crescimento transversal da atividade científica em Portugal, impulsionado pela introdução de uma política de fomento do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, que resultou na sua rápida expansão, sobretudo a partir de 2007, com o duplicar do número de bolsas de doutoramento e pós-doutoramento atribuídas e a contratação de 1100 novos investigadores doutorados através do programa Ciência 2007 e 2008<sup>6</sup>. Mas este crescimento é também produto de um dinamismo na investigação em energias renováveis e em energia em geral. A publicação nesta área cresceu bastante mais do que o total das publicações de autoria de investigadores (Figura 1), passando de 0,23% para 0,7%, que representa um crescimento médio anual de cerca de 21% entre 2001 e 2015, o dobro do total de publicações, que crescem em média cerca de 11% durante o mesmo período.

### Colaboração Nacional

O crescimento na publicações reflete um crescimento do número de investigadores. As publicações durante o período envolveram 2253 investigadores, dos quais 1215 estão radicados em instituições nacionais, mas uma larga maioria deste grupo começa a publicar na área apenas durante os últimos 5 anos.

**Tabela 1**

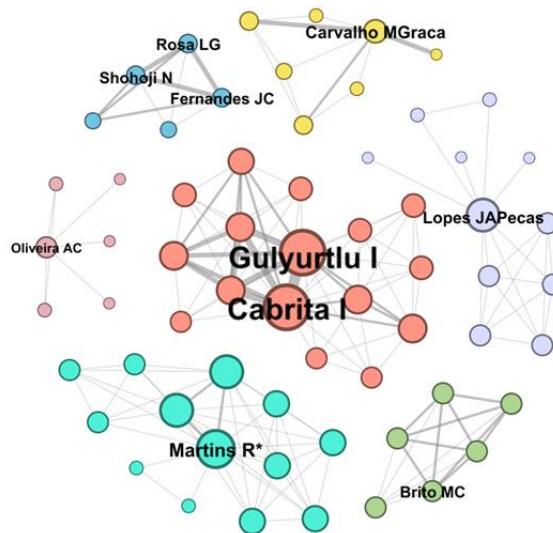
*Evolução da dimensão da rede de coautoria dos investigadores portugueses que publicam em energias renováveis (2001-2015)*

	<i>Nº de autores</i>	<i>Grau Médio</i>	<i>Grau Ponderado Médio</i>
<b>2001-2015</b>	1215	4.76	7.46
<b>2001-2005</b>	116	3.69	4.90
<b>2006-2010</b>	430	4.06	5.40
<b>2011-2015</b>	983	4.43	6.76

Fonte: Scopus

O número de investigadores nacionais (Tabela 1) que publicam em energias renováveis aumenta de 116 no período 2001-2005 para 983 no período 2011-2015. Os dados mostram um aumento do grau dos nodos da rede ao longo do período em estudo. Os investigadores têm vindo a colaborar mais, não só no sentido em que há um aumento do número médio de colaboradores por autor (grau), mas também de que há um aumento ainda maior do número de colaborações (grau ponderado). Os investigadores colaboraram com mais autores e essas colaborações são também mais frequentes, em linha com a literatura que aponta o aumento da colaboração como característico da evolução recente da prática científica (Abbasi et al., 2011; Ferligoj, Kronegger, Mali, Snijders, & Doreian, 2015; Kim, Tao, Lee, & Diesner, 2016; Ovalle-Perandones et al., 2009).

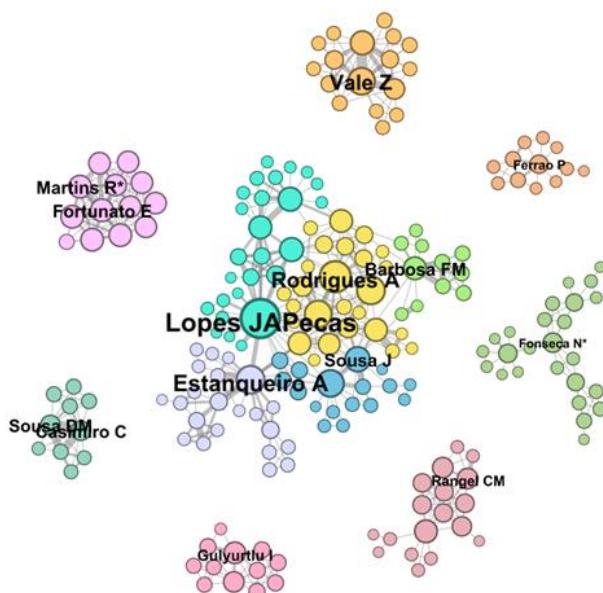
<sup>6</sup><https://www.fct.pt/apoios/contratacaodoutorados/edital20>



**Figura 2.** Rede de coautoria dos investigadores portugueses em energias renováveis (2001-2005). Fonte: Scopus

Durante o período 2001-2005 (Figura 2) a colaboração mostra-se bastante fragmentada. A rede é composta por pequenos grupos de autores isolados, e que na maioria dos casos partilham apenas uma ou duas publicações entre si. Contudo é possível identificar já a emergência de alguns grupos de colaboração continuada. Em particular destaca-se o grupo de biocombustíveis do LNEG, o maior componente da rede e que contém os dois autores que mais produziram neste período (Gulyurtlu e Cabrita). Surgem também alguns outros grupos de menor dimensão associados

a alguns grupos de investigação na área das ciências de materiais e da engenharia de algumas das principais universidades portuguesas. Os grupos do Departamento de Mecânica da Faculdade de Engenharia de Coimbra (Ferreira AD), do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico (Ferrao P), do INESC Porto (Lopes JAP), e de ciências dos materiais na Faculdade de Ciências da Universidade Nova de Lisboa (Martins & Fortunato) e do Instituto D. Luiz da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Brito MC).



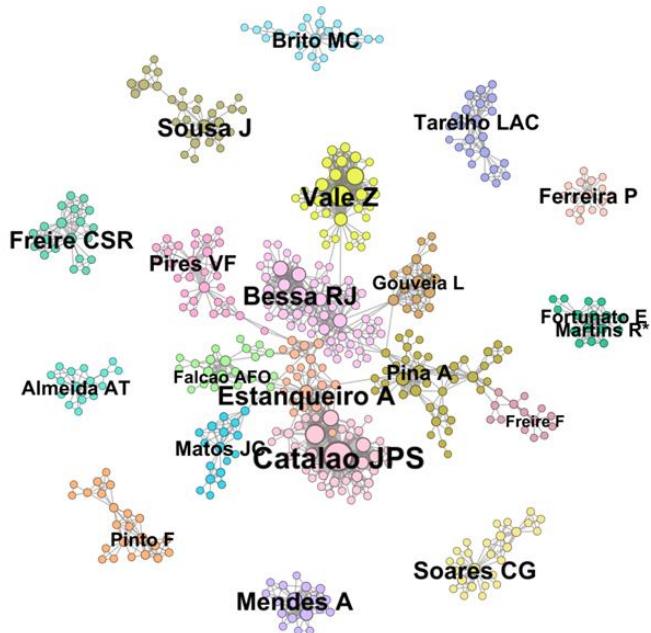
**Figura 3.** Rede de coautoria dos investigadores portugueses em energias renováveis (2005-2010). Fonte: Scopus

**Tabela 2***Grupos de coautores na rede de coautoria dos investigadores portugueses em energias renováveis (2005-2010)*

<b>Nome do autor principal</b>	<b>Grupo de Investigação</b>	<b>Nº autores</b>
Rodrigues A	Centro de Estudo de Energia Eólica e Escoamentos Atmosféricos, FEUP	27
Lopes JAP	Unidade de Sistemas de Energia, INESC-Porto	26
Estanqueiro A	Unidade de Análise Energética e Redes, LNEG / Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC), IST	26
Fonseca N	Centro de Engenharia e Tecnologia Marinha (CENTEC), IST	25
Rangel CM	Investigação em Células de Combustível e Hidrogénio, LNEG	18
Sousa J	Departamento de Engenharia de Energia e Automação, ISEL	17
Vale Z	Grupo de Engenharia de Controlo e Apoio à Decisão (GECAD), ISEP	17
Fortunato E	Centro de Investigação de Materiais (CENIMAT), FCT-UNL	13
Gulyurtlu I	Departamento de Engenharia Energética e Controlo Ambiental, LNEG	12
Ferrao P	Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC) / Instituto de Inovação (IN+), IST	12
Barbosa FM	Departamento de Engenharia Eletrotécnica Coimbra, ISEC	11
Sousa DM	Centro de Inovação em Engenharia Electrotécnica, IST	10

No período 2005-2010 (Figura 3 e Tabela 2) destaca-se a formação de um componente principal de grande dimensão, que engloba cerca de 23% dos autores, composto sobretudo por grupos a trabalhar na área dos sistemas de energia já existentes em 2001-2005 e que continuam a consolidar a sua posição na área, como grupo do sistemas de energia do INESCTEC e dos centros de investigação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto ligados à investigação em engenharia eletrotécnica (CESA, INEGI) (Lopes JAP e Rodrigues A) assim como o grupo de Análise Energética e Redes do LNEG (Estanqueiro A), e ao Departamento de Engenharia de Energia do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (Sousa J). Alguns dos grupos identificados no

período anterior perderam parte da sua posição na rede, não crescendo nesta área ao mesmo ritmo que os grupos já referido. Os grupos de investigação em células fotovoltaicas da Faculdade de Ciências das Universidade de Lisboa (Brito MC) e Nova de Lisboa (Fortunato), assim como o grupo de biomassa do LNEG (Gulyurtlu I), não acompanham a tendência de crescimento das áreas de investigação ligadas às engenharias mecânica e eletrotécnica. Surgem também alguns grupos novos, sobretudo na área da engenharia, como o grupo em energia das ondas do IST (CG Soares), os grupos em sistemas de energia da Universidade da Beira Interior (Catalao JP) e do Instituto Politécnico do Porto (Vale Z).



**Figura 4.** Rede de coautoria dos investigadores portugueses em energias renováveis (2011-2015). Fonte: Scopus

**Tabela 3**

Grupos de coautores na rede de coautoria dos investigadores portugueses em energias renováveis (2011-2015)

Nome do autor principal	Grupo de Investigação	Nº autores
<b>Pina A*</b>	Instituto de Inovação (IN+), IST	40
<b>Bessa RJ*</b>	Unidade de Sistemas de Energia, INESC-Porto	39
<b>Catalão JPS*</b>	Departamento de Engenharia Electromecânica, UBI	38
<b>Vale Z</b>	Grupo de Engenharia de Controlo e Apoio à Decisão (GECAD), ISEP	30
<b>Pires VF*</b>	Departamento de Engenharia Elétrica, ESTSetúbal / Centro de Tecnologia e Sistemas, FCT-UNL	30
<b>Sousa J</b>	Centro de Inovação em Engenharia Electrotécnica, IST / Departamento de Engenharia de Energia e Automação, ISEL	29
<b>Soares CG</b>	Centro de Engenharia e Tecnologia Marinha (CENTEC), IST	27
<b>Estanqueiro A*</b>	Unidade de Análise Energética e Redes, LNEG	22
<b>Ferreira P</b>	Departamento de Produção e Sistemas, UMinho	16
<b>Fortunato E</b>	Centro de Investigação de Materiais (CENIMAT), FCT-UNL	16
<b>Tarelho LAC</b>	Centro de Estudos de Ambiente e do Mar (CESAM)	23
<b>Pinto F</b>	Unidade Emissões Zero, LNEG / Unidade de Biotecnologia Ambiental	23
<b>Freire CSR</b>	Instituto dos Materiais (CICECO), UVAveiro	20
<b>Mendes A</b>	Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE), FEUP	18
<b>Matos JC*</b>	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica (INEGI) / Centro de Estudo de Energia Eólica e Escoamentos Atmosféricos, FEUP	16
<b>Falcão AFO*</b>	Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC), IST	16
<b>Gouveia L*</b>	Unidade de Bioenergia, LNEG	16
<b>Almeida AT</b>	Instituto de Sistemas e Robótica - Coimbra, UC	16
<b>Freire F*</b>	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores - Coimbra	14

No período 2011-2015 (Figura 4) os grupos de investigação ligados aos sistemas de energia e à energia eólica crescem de forma significativa e afirmam-se na produção científica na área

das energias renováveis. A rede contém um componente principal, que engloba 32% dos autores e cerca de 38% das colaborações. Este contém a maior parte dos autores mais

produtivos e que mais colaboram na rede, que na sua maioria lideram grupos na área da energia eólica e das redes e sistemas de energia- Catalão, Universidade da Beira Interior (69); Mendes VMF, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (34); Vale Z, Instituto Superior de Engenharia do Porto (26), Bessa RJ, INESC Porto (21), assim como do IDMEC/IN+, Instituto Superior Técnico (Pina A).

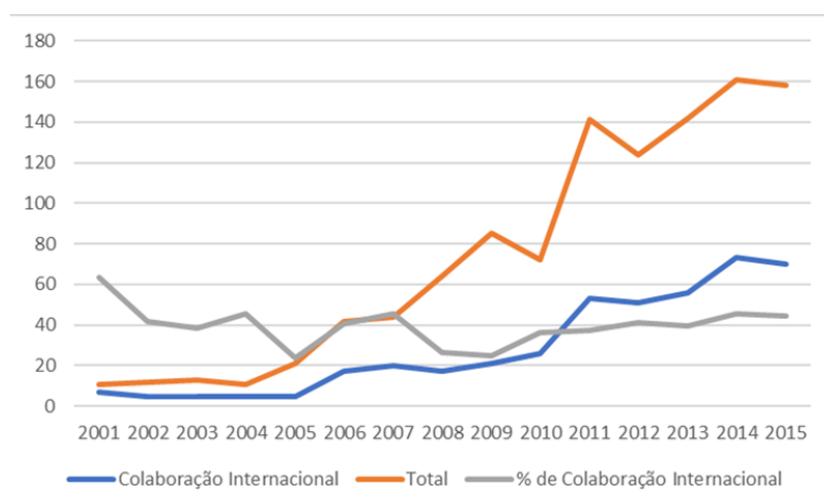
Nas sua periferia o componente contém alguns grupos de investigação de outras áreas como o Grupo de Energia Solar do LNEG (Almeida PMR), e o grupo de investigação em células fotovoltaicas do Instituto D. Luiz (Brito MC), assim como os grupos de investigação em biomassa para a energia do LNEG (Gouveia L) e do Laboratório de Engenharia Ambiental e de Processos da Universidade do Porto (Mendes A).

Os grupos de maior dimensão que não fazem parte do maior componente estão sobretudo ligados à investigação em combustão e biomassa para a energia - Unidade de Bioenergia do LNEC (Pinto F), o CESAM e o CICECO da Universidade de Aveiro (Tarelho LAC, Freire CSR) - e à investigação em ciências dos materiais para células fotovoltaicas - o CENIMAT da FCT-UNL, o I3N da Universidade de Aveiro, e o CENTEC que é o principal centro de investigação português em energia das ondas (Soares CG).

### Colaboração internacional

A capacidade de colaborar no plano internacional é frequentemente apontada como

um elemento de maturação da atividade científica. Segundo a literatura a colaboração internacional tem mantido um ritmo de crescimento mais ou menos constante ao longo das últimas décadas, produto das facilidades introduzidas pelas tecnologias de informação e de transporte. A redução do custo das viagens de avião permite que os investigadores em diferentes países se encontrem com mais regularidade em conferências internacionais e seminários. A comunicação digital permite que investigadores em diferentes partes do globo comuniqueem por escrito ou por videoconferência e circulem dados e textos entre si. A oferta de novas ferramentas de colaboração permite que, por exemplo, textos possam ser facilmente trabalhados e discutidos, ou que eventos possam ser organizados, com pouco ou nenhum contacto presencial. A nível Europeu, têm-se concentrado esforços por parte da Comissão Europeia e dos governos nacionais para fomentar o desenvolvimento da Área Europeia de Investigação (European Research Area - ERA) através do reforço dos laços de colaboração científica entre os investigadores dos Estados membros. Os projetos financiados pela Comissão Europeia requerem frequentemente colaboração entre instituições de diversos países. A estes juntam-se programas especificamente desenvolvidos para promoção da mobilidade internacional como as Ações Marie Skłodowska-Curie e da formação de redes de colaboração como as Ações COST, assim como programas de mobilidade e colaboração criados por organizações nacionais e pelas universidades.



**Figura 5.** Evolução do número de artigos em energias renováveis referenciado na Scopus: total e em colaboração internacional. Fonte: Scopus

A colaboração internacional na área das energias renováveis cresceu ao longo do período 2001-2015 (Figura 5), mas a sua proporção no total de publicações por parte dos investigadores portugueses não variou de forma significativa, mantendo-se nos 40%. Tendo em conta o particular investimento que a União Europeia tem feito em desenvolver a investigação em energia e sustentabilidade na ERA e o aumento da proporção das publicações em coautoria com investigadores de outros países no global da atividade científica nacional, esta observação surge como irregular e indica a presença de outras dinâmicas sociais. A integração de investigadores nacionais em redes de investigação internacionais, que consequentemente produz publicações em coautoria com investigadores radicados em outros países, é sem dúvida indicador de internacionalização da comunidade científica nacional. Mas por outro lado, é importante ter em conta uma dinâmica de autonomização da produção em que a investigação de iniciativa nacional ganha dimensão e qualidade suficiente para produzir publicações consideradas relevantes em termos internacionais que poderá contrariar a tendência para colaborar internacionalmente. A comunidade científica nesta área tem vindo a crescer, a organizar-se e a captar o financiamento para produzir autonomamente investigação reconhecida a nível internacional.

**Tabela 4**

*Evolução da coautoria internacional de artigos por parte investigadores portugueses em energias renováveis por período de 5 anos (2001-2015)*

	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Países	46	21	31
Colaborações	408	36	88
% ERA	69%	83%	71%
% 3 princ. parceiros	41%	31%	31%
			45%

Os investigadores portugueses nesta área colaboraram com outros investigadores de 46 países diferentes, mas as frequências de colaboração são bastante diferentes. A maior parte das colaborações é de facto no interior da ERA (Tabela 4), confirmando algumas das expectativas da literatura sobre a Europeização da investigação nos países cientificamente mais periféricos da União Europeia como Portugal e Espanha. No entanto, há decréscimo do peso da colaboração com os países da ERA, que indica uma maior capacidade por parte dos investigadores portugueses em estabelecer parcerias internacionais fora das dinâmicas desta. Principalmente numa relação contínua com o Brasil, o terceiro parceiro em termos de número de colaborações (Tabela 5), facilitada pela evidente afinidade histórica e linguística entre os dois países (Glanzel, 2001; Hoekman

et al., 2010; Luukkonen, Persson, & Sivertsen, 1992) e a um aumento muito significativo da colaboração com os EUA que não só são a principal potência em termos de investigação a nível internacional - e portanto com muita capacidade de formar redes de colaboração internacional (Gómez, Fernández, & Sebastián, 1999) - como beneficiaram do programa MIT, passando de um colaborador marginal em 2001-2005 para um dos mais significativos em 2010-2015. Verifica-se também uma tendência de concentração que é importante apontar. Há uma diversificação no número de países envolvidos em coautoria com investigadores portugueses, mas a contribuição dos três principais parceiros (Espanha, EUA e Brasil) no total aumentou de 31% para 45%

**Tabela 5**

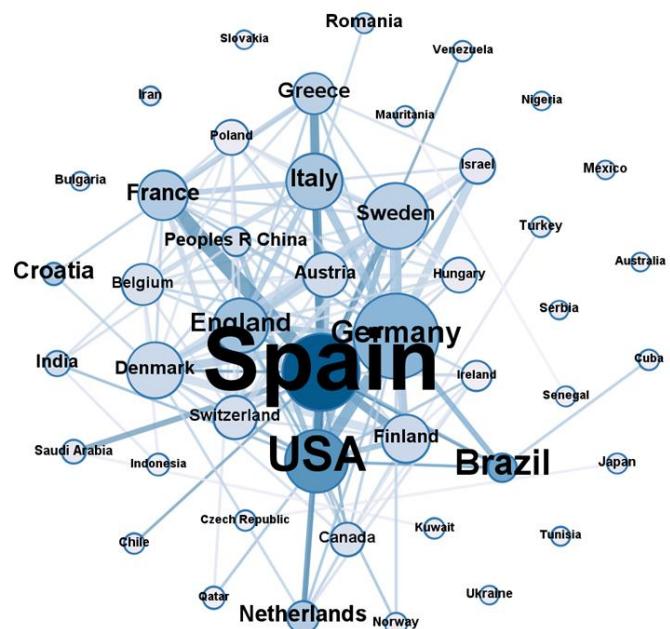
*Colaborações internacionais dos investigadores portugueses (20 países com maior número de colaborações)*

País	Frequência	Grau Ponderado	Grau ponderado / Frequência
Espanha	91	36	0,40
EUA	44	27	0,61
Brasil	29	6	0,21
Alemanha	23	41	1,78
Reino Unido	18	22	1,22
Itália	16	23	1,44
Croácia	15	2	0,13
França	14	19	1,36
Países Baixos	14	8	0,57
Grécia	12	14	1,17
Suécia	12	29	2,42
Finlândia	9	18	2
Dinamarca	9	23	2,56
Áustria	8	16	2
Índia	8	4	0,5
Roménia	8	1	0,125
China	8	6	0,75
Suíça	7	15	2,14
Canadá	6	9	1,5
Bélgica	6	14	2,33

De entre os parceiros europeus destaca-se a intensa colaboração com Espanha, que se manteve o principal parceiro ao longo de todo o período em estudo e é responsável por um terço das colaborações internacionais. A colaboração com Espanha beneficia da proximidade geográfica e de laços culturais. Além disso, Espanha tem um percurso algo semelhante a Portugal em termos de implantação de energias renováveis. A produção de energia elétrica a partir de fontes eólicas e fotovoltaicas passou de 2,1% em 2001 para 17,7% em 2015 e de 0% para 2,9%, respetivamente. Existe também um historial de colaboração bilateral relacionado com a investigação em energias renováveis, como o

Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia, que faz trabalho de investigação em materiais para células fotovoltaicas e o Centro Ibérico de Energias Renováveis, planeado no final da década de 2000, mas que nunca chegou a operar efetivamente, assim como um conjunto de empresas espanholas da área da energia que são promotoras de projetos de energia renováveis, na área da Energia Eólica e Fotovoltaica. Outros parceiros importantes incluem alguns dos países com peso na produção científica na Europa como a Alemanha, o Reino Unido e a França e, em menor grau, outros países Europeus como a Itália, a Croácia, os Países Baixos e os países escandinavos.

Mas muitos dos parceiros são-no apenas para relações ocasionais, tanto entre alguns países no interior da ERA, - Europa de Leste (Bulgária, Ucrânia, Eslováquia) -, como fora da Europa - no Médio Oriente (Irão, Arábia Saudita, Qatar), Norte de África (Tunísia, Mauritânia), Ásia (China, Índia, Japão, Indonésia) e América do Sul hispanófona (Chile, Cuba, México). As relações com estes países não beneficiam de afinidades particulares com o sistema científico português, são geográficas ou culturalmente distantes ou não têm um papel de relevo na investigação a nível internacional que leve à procura da formação de contactos. No entanto, algumas destas relações são promovidas no âmbito de mecanismos de financiamento da Comissão Europeia.



**Figura 6.** Ego-rede de coautoria internacional de artigos por parte investigadores portugueses em energias renováveis. Fonte: Scopus

As coautorias internacionais assentam numa diversidade de dinâmicas e em agregado refletem também a organização internacional da atividade científica e a posição ocupada por Portugal. A relação entre o número de artigos publicados em colaboração com investigadores portugueses (frequência) e o número de outras coautorias presentes nesses artigos representa o número médio de outros países nos artigos em que esse país participa (tabela 4 e figura 6). Valores mais baixo indicam que a colaboração bilateral - envolvendo apenas investigadores daquele país e de Portugal - tende a ser mais frequente enquanto valores elevados indicam que colaborações envolvendo investigadores de vários países são mais frequentes. Os países exteriores à ERA tendem a ter valores mais baixos e por isso

representam sobretudo instâncias de colaboração bilateral entre investigadores portugueses e investigadores desses países. O caso mais evidente é o Brasil (0,2), que não só está entre os colaboradores mais frequentes, mas também é um daqueles com o qual a colaboração é mais bilateral. Entre os 29 artigos em colaboração com Brasil apenas envolveram 5 outros países. Isto reforça a ideia de que a afinidade linguística, neste caso com o Brasil, é um fator importante no desenvolvimento de colaborações nesta área. Por seu turno, os países da ERA tendem a ter valores de grau mais elevados, e, portanto, dependem de colaborações multilaterais, reforçando a ideia de que a colaboração no interior da ERA é influenciada pelos mecanismos de financiamento Europeu, que

tendem a motivar o envolvimento de um número alargado de países nos projetos. A mais importante exceção é a Espanha (0,39), com quem a colaboração tem uma forte tendência bilateral. No outro extremo estão países da ERA mais distantes geográfica e culturalmente, como com os países da Europa do Norte - Suécia (2,41), a Finlândia (2), a Dinamarca (2,55) - e alguns países da Europa Central como a Áustria (2), Suíça (2,14) e Bélgica (2,33). As grandes potências científicas do centro da Europa, como o Reino Unido (1,22), a Alemanha (1,78) e a França (1,35) e os outros países da Europa do Sul, como a Itália (1,43) e a Grécia (1,16) situam-se algures entre os dois extremos. Estes resultados mostram que as afinidades entre países, que a literatura já mostrou que tem uma influência importante no volume de colaboração, podem influenciar as suas dinâmicas (Glanzel 2001; Luukkonen, Persson, e Sivertsen 1992; Hoekman, Frenken, e Tijssen 2010). Os investigadores portugueses mostram relativa facilidade em estabelecer colaborações com investigadores espanhóis e, em menor grau, com investigadores em França ou Itália, mas revelam dificuldades em estabelecer relações regulares com investigadores do Norte da Europa, cuja colaboração com Portugal parece ser mediada pela participação conjunta em colaborações internacionais envolvendo vários países.

## DISCUSSÃO

Este trabalho tinha por objetivo fazer uma caracterização dos padrões de colaboração científica numa área de investigação emergente, as energias renováveis, tendo em conta o seu enquadramento político e social em Portugal.

A nível nacional os dados mostram a evolução de uma comunidade inicial fragmentada para a formação de uma comunidade mais coesa que se desenvolve principalmente em torno de uma área de investigação emergente em sistemas de energia. Esta área parece estar a responder a uma necessidade criada pela introdução de energias renováveis em produção distribuída, que cria novos problemas tecnológicos de planeamento e gestão das redes elétricas e que está refletida nos programas de financiamento de ciência por parte da tutela - tanto os Programas-Quadro como a FCT têm vindo a promover uma conceção sistémica da produção e distribuição de energia. Contudo, em concordância com outros trabalhos sobre redes de colaboração entre investigadores (Rossini & Graeml, 2009; Videira, 2016; Zincke, 2012), a colaboração interinstitucional mostra-se limitada e não há muitos indícios de formação

de uma comunidade interdisciplinar centrada nas questões técnicas da transição energética. Apesar dos periódicos da área de energia aceitarem artigos provenientes de um conjunto de disciplinas diferentes (Engenharias, Ciência dos materiais e química em particular), as fronteiras disciplinares parecem manter-se na colaboração para publicação de artigos científicos. A reduzida colaboração a nível nacional pode também derivar de uma fraca de tradição de colaboração no sistema científico português (Pereira, 2002) ou das dinâmicas da colaboração nos projetos europeus, que pode ter um efeito de desincentivo da colaboração nacional, com mais impacto num sistema científico de pequena dimensão como o português.

A nível da colaboração internacional identificaram-se três tendências importantes. Primeiro, os investigadores portugueses colaboram frequentemente com os seus congêneres espanhóis e brasileiros, confirmado a importância da afinidade geográfica e linguística no estabelecimento de relações de colaboração. Segundo, o conjunto dos três principais parceiros de colaboração bilateral (Espanha, EUA e Brasil) ganhou peso no total das colaborações ao longo período em análise, em detrimento das colaborações com outros países da ERA com quem a colaboração científica tende a ser mais baseada em colaborações envolvendo investigadores de vários países. Estas diferentes dinâmicas de colaboração com a Europa vão de encontro ao trabalho de Russell (2009) que salienta a intensificação da colaboração bilateral no desenvolvimento da colaboração internacional mas também para reforçar a tendência encontrada por Pereira (1996) nos anos 90 de que a colaboração portuguesa com os parceiros da ERA surge como resultado das exigências dos programas de financiamento e não se traduz necessariamente em dinâmicas de colaboração continuada. Terceiro, há uma redução da proporção de artigos em colaboração com o exterior no total de artigos publicados. A colaboração internacional em países científicamente mais periféricos é uma estratégia de visibilidade internacional do trabalho produzido (Kronegger, Ferligoj, & Doreian, 2011; Kwon, Park, So, & Leydesdorff, 2011; Ronda Pupo & Guerras Martín, 2010; Veugelers, 2009) e sua redução pode ser um fator indicativo da maturação da investigação nesta área em Portugal.

A metodologia escolhida para a recolha dos dados impõe algumas limitações a este trabalho. Em primeiro lugar, por usar coautoria de artigos científicos em publicações indexadas como proxy da colaboração, deixando de fora outras potenciais formas de colaboração como, por exemplo, a coautoria de patentes ou

organização da formação graduada ou eventos científicos. Em segundo, por limitar a pesquisa de artigos à secção "Energy" da base de dados bibliográfica (Scopus). Numa área interdisciplinar é possível que alguns autores dividam as suas publicações entre áreas de publicação conexas (Osca-lluch, 2010), o que poderá beneficiar a presença de autores de algumas disciplinas científicas na base de dados. O contexto Português e da investigação em energias renováveis têm também particularidades que é importante destacar, uma vez que apesar dos incentivos a nível comunitário, os estados-membro adoptaram estratégias diferentes face às energias renováveis, que poderão influenciar o seu desenvolvimento enquanto área de investigação.

Assim, e tendo em conta a relevância política e social da transição energética, seria a interessante desenvolver outros trabalhos sobre a investigação em energias renováveis noutras contextos nacionais e a nível europeu, que permitissem compreender melhor as dinâmicas do seu desenvolvimento recente. É também importante expandir esta investigação a outras áreas científicas em Portugal, que devido à sua posição semi-periférica nas dinâmicas internacionais de produção científica e ao crescimento acelerado nas últimas duas décadas, pode contribuir para a compreensão de sistemas científicos em processo de crescimento e integração internacional.

## AGRADECIMENTOS

Esta investigação foi realizada com o apoio institucional da Fundação para a Ciência e Tecnologia, através da concessão de uma bolsa de doutoramento (SFRH/BD/90561/2012), financiada por fundos nacionais do MEC e acolhida pelo Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa.

## REFERENCIAS

- Abbasi, A., Hossain, L., Uddin, S., & Rasmussen, K. J. R. (2011).** Evolutionary dynamics of scientific collaboration networks: multi-levels and cross-time analysis. *Scientometrics*, 89(2), 687-710. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0463-1>
- Acosta, M., Coronado, D., Ferrández, E., & León, M. D. (2012).** Regional Scientific Production and Specialization in Europe: The Role of HERD. *European Planning Studies*, (November 2014), 37-41. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.752439>
- Bordons, M., Aparicio, J., González-Albo, B., & Díaz-Faes, A. A. (2015).** The relationship between the research performance of scientists and their position in co-authorship networks in three fields. *Journal of Informetrics*, 9(1), 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.12.001>
- Bourke, P., & Butler, L. (1996).** Publication types, citation rates and evaluation. *Scientometrics*, 37(3), 473-494. <https://doi.org/10.1007/BF02019259>
- Chimhundu, C., de Jager, K., & Douglas, T. (2015).** Sectoral collaboration networks for cardiovascular medical device development in South Africa. *Scientometrics*, 105(3), 1721-1741. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1743-y>
- Cota, R. G., Ferreira, A. A., Nascimento, C., Gonçalves, M. A., & Laender, A. H. F. (2010).** An Unsupervised Heuristic-Based Hierarchical Method for Name Disambiguation in Bibliographic Citations. *JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 61(9), 1853-1870.
- Cronin, B. (2001).** Hyperauthorship: A postmodern perversion or evidence of a structural shift in scholarly communication practices? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(7), 558-569. <https://doi.org/10.1002/asi.1097>
- Delicado, A., Truninger, M., Figueiredo, E., Silva, L., Junqueira, L., Horta, A., ... Soares, F. (2015).** *Terras de Sol e de Vento: dinâmicas sociotécnicas e aceitação social das energias renováveis em Portugal*. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.
- Elliott, S. (2010).** Survey of Author Name Disambiguation: 2004 to 2010. *Library Philosophy and Practice*, 473. Retrieved from <http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/473/>
- Ferligoj, A., Kronegger, L., Mali, F., Snijders, T. A. B., & Doreian, P. (2015).** Scientific collaboration dynamics in a national scientific system. *Scientometrics*, 104(3), 985-1012. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1585-7>
- Glanzel, W. (2001).** National characteristics in international scientific co-authorship relations. *Scientometrics*, 51(1), 69-115. <https://doi.org/10.1023/A:1010512628145>
- Gmür, M. (2003).** Co-citation analysis and the search for invisible colleges : *Scientometrics*, 57(1), 27-57.
- Gómez, I., Fernández, M. T., & Sebastián, J. (1999).** Analysis of the structure of

international scientific cooperation networks through bibliometric indicators. *Scientometrics*, 44(3), 441–457. <https://doi.org/10.1007/BF02458489>

**Han, H., Giles, L., Zha, H., Li, C., & Tsoutsouliklis, K. (2004).** Two supervised learning approaches for name disambiguation in author citations. *Proceedings of the 2004 Joint ACM/IEEE Conference on Digital Libraries, 2004.*, 296–305. <https://doi.org/10.1109/JCDL.2004.1336139>

**Harzing, A. W., & Alakangas, S. (2016).** Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, 106(2), 787–804. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1798-9>

**Hoekman, J., Frenken, K., & Tijssen, R. J. W. (2010).** Research collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe. *Research Policy*, 39(5), 662–673. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.012>

**Horta, H., & Veloso, F. M. (2007).** Opening the box: Comparing EU and US scientific output by scientific field. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8), 1334–1356. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.02.013>

**Jansen, D., Götz, R., & Heidler, R. (2009).** Knowledge production and the structure of collaboration networks in two scientific fields. *Scientometrics*, 83(1), 219–241. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0022-1>

**Katchanov, Y. L., Markova, Y. V., & Shmatko, N. A. (2016).** How physics works: scientific capital in the space of physics institutions. *Scientometrics*, 108(2), 875–893. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2005-3>

**Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997).** What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)

**Kim, J., Tao, L., Lee, S. H., & Diesner, J. (2016).** Evolution and structure of scientific co-publishing network in Korea between 1948–2011. *Scientometrics*, 107(1), 27–41. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1878-5>

**Kronegger, L., Ferligoj, A., & Doreian, P. (2011).** On the dynamics of national scientific systems. *Quality and Quantity*, 45(March), 989–1015. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9484-3>

**Kwon, K.-S., Park, H. W., So, M., & Leydesdorff, L. (2011).** Has globalization strengthened South Korea's national research system? National and international dynamics of the Triple Helix of scientific co-authorship

relationships in South Korea. *Scientometrics*, 90(1), 163–176. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0512-9>

**Leydesdorff, L., & Rafols, I. (2009).** A global map of science based on the ISI subject categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(2), 348–362. <https://doi.org/10.1002/asi.20967>

**Leydesdorff, L., & Wagner, C. S. (2008).** International collaboration in science and the formation of a core group. *Jurnal of Informetrics*, 2(4), 123–146.

**Luukkonen, T., Persson, O., & Sivertsen, G. (1992).** Understanding Patterns of International Scientific Collaboration. *Science, Technology & Human Values*, 17(1), 101–126.

**Makkonen, T., & Mitze, T. (2016).** Scientific collaboration between 'old' and 'new' member states: Did joining the European Union make a difference? *Scientometrics*, 106(3), 1193–1215. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1824-y>

**McKerlich, R., Ives, C., & McGreal, R. (2013).** Measuring use and creation of open educational resources in higher education. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 14(4), 90–103. <https://doi.org/10.1002/asi>

**Moed, H. F., De Bruin, R. E., Nederhof, A. J., & Tijssen, R. J. W. (1991).** International scientific co-operation and awareness within the European community: Problems and perspectives. *Scientometrics*, 21(3), 291–311. <https://doi.org/10.1007/BF02093972>

**Molina, J. L. (2009).** Panorama de la investigación en redes sociales. *Redes. Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 17(11), 235–256. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.383>

**Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016).** The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>

**Newman, M. E. J. (2000).** Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks. *ArXiv*. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.016132>

**Osca-Illuch, J. (2010).** Aplicación del análisis de redes al estudio de la investigación española de historia de la ciencia. *REDES - Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 19(6), 122–143.

**Ovalle-Perandones, M. A., Perianes-Rodriguez, A., & Olmeda-Gomez, C. (2009).** Hubs and authorities in a spanish co-authorship network. *Proceedings of the*

*International Conference on Information Visualisation*, 514-518.  
<https://doi.org/10.1109/IV.2009.87>

**Pereira, T. S. (1996).** Uma análise do impacto das políticas europeias na colaboração internacional em investigação científica em Portugal e no Reino Unido \*\*. *Análise Social*, XXXI(1351), 229-265.

**Pereira, T. S. (2002).** International dimension of research in Portugal: the European Research Area and beyond. *Science and Public Policy*, 29(6), 451-461.

**Persson, O., Glanzel, W., & Danell, R. (2004).** Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies. *Scientometrics*, 60(3), 421-432. <https://doi.org/10.1023/B:SCIE.0000034384.35498.7d>

**Ronda-Pupo, G. A., & Sylvan Katz, J. (2016).** The scaling relationship between citation-based performance and international collaboration of Cuban articles in natural sciences. *Scientometrics*, 107(3), 1423-1434. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1939-9>

**Ronda Pupo, G. A., & Guerras Martín, L. Á. (2010).** Evolución de la comunidad científica de la Dirección Estratégica a partir de la Strategic Management Journal 1980-2009. *REDES - Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 19(9), 1-35.

**Rossoni, L., & Graeml, A. (2009).** A Influência da Imersão Institucional e Regional na Cooperação entre Pesquisadores no Brasil. *REDES - Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 16(9), 228-249.

**Rossoni, L., & Guarido Filho, E. R. (2012).** Onipresença nos Conselhos Editoriais: Prestígio e Cerimonialismo na Atividade Científica. *Redes, Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 22, 189-218.

**Roth, C., & Bourgine, P. (2005).** Epistemic Communities: Description and Hierarchic Categorization. *Mathematical Population Studies*, 12, 107-130.

**Russell, J. M., Madera Jaramillo, M. J., & Shirley, A. (2009).** El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica. *Redes: Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 17(2), 39-47. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3165613&orden=243060&info=link>

**Tijssen, R J W, & Van Leeuwen, T. N. (1995).** On generalising scientometric journal mapping beyond ISI's journal and citation databases. *Scientometrics*, 33(1), 93-116. <https://doi.org/10.1007/BF02020776>

**Tijssen, Robert J.W. (2008).** Are we moving towards an integrated European Research Area? *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*, 2(1), 19-25. <https://doi.org/10.1080/09737766.2008.10700837>

**Veloso, A., Ferreira, A. A., Gonçalves, M. A., Laender, A. H. F., & Meira, W. (2012).** Cost-effective on-demand associative author name disambiguation. *Information Processing and Management*, 48(4), 680-697. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2011.08.005>

**Veugelers, R. (2009).** Towards a multipolar science world: trends and impact. *Scientometrics*, 82(2), 439-456. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0045-7>

**Videira, P. (2016).** *Redes Interpessoais e Dinâmicas de Acesso ao Conhecimento de Cientistas Portugueses*. ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa.

**Wagner, C., & Leydesdorff, L. (2005).** Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34(10), 1608-1618. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.002>

**Zincke, C. R. (2012).** Estructuras de comunicación en el campo de la ciencia social en Chile: un Análisis de Redes. *REDES - Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 23(2), 7-42.

**Zitt, M., Bassecoulard, E., & Okubo, Y. (2000).** Shadows of the Past in International Cooperation: Collaboration Profiles of the Top Five Producers of Science. *Scientometrics*. <https://doi.org/10.1023/A:1005632319799>

**Remitido:** 01-05-2019

**Corregido:** 10-06-2019

**Aceptado:** 11-06-2019

