

# Redes de investigação e conhecimento das universidades portuguesas.

Padrões de colaboração científica em projetos financiados pela Fundação Para a Ciência e Tecnologia

Cristina Barros\*  
Rui Gama\*  
Ricardo Fernandes\*

46

Ur

n. 8 | Junho 2015

## Resumo

A partir dos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, pretende-se perceber a evolução das redes de I&D e conhecimento das principais universidades públicas portuguesas, tentando identificar as múltiplas escalas territoriais em que operam, as suas dimensões transdisciplinares e avaliar o seu impacto nos territórios. Partindo de uma abordagem ao nível da metodologia de análise de redes sociais, centrada na teoria dos grafos, utilizou-se o *Template Node XL (Microsoft Excel)* que permitiu a representação em grafos das relações institucionais das unidades envolvidas nos projetos, durante o período 2000-2010. Posteriormente, calculou-se um conjunto de medidas que permitiram compreender as ligações entre os atores e as implicações dessas relações para a estruturação das redes de investigação e conhecimento. Num último momento e tentando completar a análise estrutural das redes, utilizaram-se os SIG no sentido de representar a dimensão espacial das relações de colaboração científica e institucional das universidades portuguesas.

## 1. Notas Introdutórias

No quadro da crescente competitividade e concorrência entre territórios, cidades e regiões, as estratégias de desenvolvimento passam por uma clara aposta em elementos capazes de gerar vantagens competitivas para os territórios, de que são exemplos o conhecimento, as atividades de I&D, a tecnologia e a inovação. Estes novos fatores afiguram-se como centrais para as atuais lógicas de desenvolvimento territorial. Deste modo, o comportamento de diferentes indicadores relacionados com a ciência, tecnologia, conhecimento e inovação traduz tendências que reforçam as trajetórias de desenvolvimento que se têm vindo a consolidar nas últimas décadas (Gama *et al*, 2013).

O sistema científico e de conhecimento português estrutura-se, fundamentalmente, com base nas instituições de ensino superior e nas unidades de I&D que constituem os departamentos e institutos. Ao longo das últimas décadas, estas unidades têm vindo a reforçar a sua importância como agentes do conhecimento, inovação e empreendedorismo, refletindo uma articulação cada vez mais profícua com o sistema tecnológico e empresarial.

Reconhecendo que a forte existência de instituições de ensino

\* Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território

superior e institutos de I&D não assegura, por si só, uma aposta no conhecimento e na investigação científica e tecnológica, optou-se por tentar caracterizar este sistema através da análise dos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Neste contexto, é valorizado o papel da FCT, enquanto agente de desenvolvimento de apoio à I&D, ao assumir um papel central no funcionamento do sistema científico e tecnológico português, com reflexos na solidificação de trajetórias de investigação científica e com consequências nos processos de desenvolvimento territorial. Deste modo, afigura-se de especial importância analisar, não apenas a configuração espacial na distribuição dos projetos de IC&DT apoiados pela FCT, mas também compreender as ações de cooperação institucional entre as diferentes instituições do sistema científico e tecnológico.

Partindo de uma abordagem ao nível da metodologia de análise de redes sociais, pretende-se conhecer e caracterizar as redes de colaboração científica e tecnológica dos territórios onde se localizam as principais universidades públicas do país (Lisboa, Porto, Coimbra, Aveiro, Minho, Beira Interior, Algarve, Évora, Trás-os-Montes, Açores e Madeira). Para tal, recolheu-se a informação relativa a todos os projetos FCT entre 2000 e 2010 e, através do *template Node XL (Microsoft Excel)*, fez-se a representação em grafos das relações institucionais das unidades envolvidas nos projetos. A análise é completada com a tentativa de compreensão das diferentes dinâmicas espaciais (local, regional, nacional e internacional), em que se verificam relações de colaboração na produção, difusão e aplicação do conhecimento científico. Para se representar a espacialização das redes de colaboração institucional recorreu-se ao *ArcMap (ArcGIS 10.2)*, tendo sido utilizada a ferramenta *spider tools* a partir da construção de uma matriz origem-destino.

Esta abordagem pretende conhecer as redes de colaboração científica em que participam as principais universidades públicas do país, tentando-se identificar os diferentes níveis de atividade e dinamismo científico das instituições. A prossecução de relações com outras unidades de investigação, em diferentes escalas espaciais, contribuirá para a identificação do prestígio e “popularidade” destas unidades do ensino superior. Reconhecendo que o estabelecimento de redes de colaboração científica promove a partilha de informação, experiências e conhecimento, a leitura das redes de colaboração científica permite detetar os espaços e os fluxos da aprendizagem, do conhecimento e da inovação.

## 2. As Redes de Conhecimento e I&D das Universidades

Portuguesas

### 2.1 Dinâmicas de investigação das universidades em Portugal: participação nos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)

As universidades e instituições de ensino superior são elementos fundamentais para a dinamização das cidades e regiões e para a criação de estratégias renovadas de desenvolvimento, quer a partir das dimensões do ensino e formação de recursos humanos quer a partir das diferentes unidades de I&D que constituem os departamentos e institutos (Fernandes, 2008). Ao longo dos últimos anos, a estratégia das universidades e unidades de I&D institucionais tem assentado, de forma evidente, na valorização dos apoios da política de ciência e tecnologia no quadro dos projetos investigação científica e desenvolvimento tecnológico (IC&DT).

A estratégia da presente investigação privilegiou a análise de todos os projetos financiados pela FCT para o período de 2000 a 2010 no âmbito dos concursos gerais, considerando as diferentes áreas e domínios científicos, as instituições proponentes e participantes, o financiamento e os recursos humanos. Numa primeira abordagem importa compreender a espacialização dos projetos analisados tendo-se em conta a localização da instituição proponente. Do total de 7742 projetos de IC&DT financiados nestes 10 anos, existe uma clara concentração das iniciativas nos concelhos que apresentam um maior número de instituições de I&D e presença dos maiores polos universitários do país. Desta forma, os projetos têm uma tradução territorial clara, associada à presença de centros urbanos, capitais de distrito, infraestruturas tecnológicas e instituições ligadas ao ensino superior, à inovação e à investigação e desenvolvimento (Figura 1).

Neste contexto, por reunirem um maior número de unidades de I&D, os concelhos de Lisboa e Porto apresentam um maior número de projetos segundo a instituição proponente (48,9% e 17,9%, respetivamente). Seguidamente, surgem os concelhos de Coimbra (767 projetos, correspondendo a 9,9% do total dos 7742 identificados), Braga (7,0%), Aveiro (6,5%) e Faro (3,4%), territórios caracterizados pela presença de universidades, institutos politécnicos, unidades de I&D e também por serem centros urbanos importantes no contexto socioeconómico e territorial português. Importa também destacar alguns concelhos cujos projetos de I&D surgem a partir de empresas ou parques tecnológicos, exemplos de Oeiras (*TagusPark* - Parque de Ciência e Tecnologia) e Cantanhede (*Biocant* - Associação de Transferência de Tecnologia).

Ao nível dos valores de financiamento, a leitura decalca a

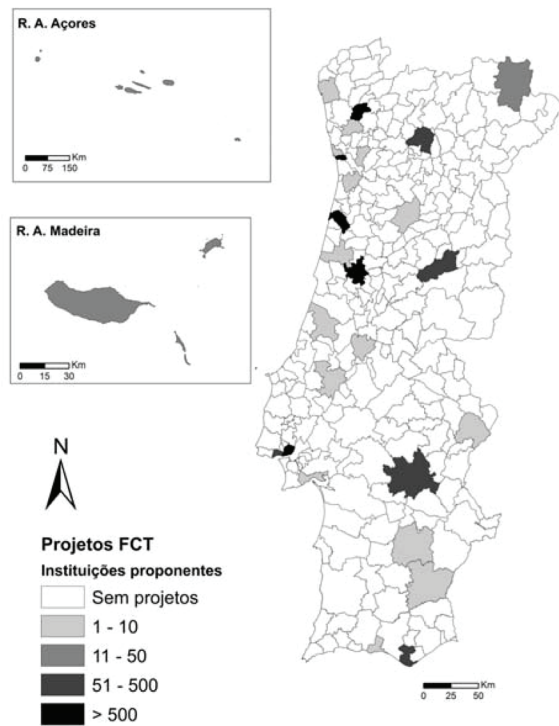


Figura 1 | Projetos de IC&DT financiados pela FCT, entre 2000 e 2010, segundo localização da instituição de investigação proponente e financiamento obtido

Fonte: Fundação para a Ciência e Tecnologia - <http://www.fct.pt/>

Concelhos	Instituição de Investigação proponente			
	Projetos		Financiamento	
	Nº	%	Euros	%
Açores	39	0,5	3.722.830,7	0,5
Albufeira	1	0,0	50.028,0	0,0
Aveiro	507	6,5	50.456.675,4	6,9
Beja	2	0,0	294.262,0	0,0
Braga	543	7,0	48.768.839,6	6,7
Bragança	27	0,3	2.796.466,5	0,4
Cantanhede	7	0,1	1.152.078,0	0,2
Coimbra	767	9,9	71.389.941,8	9,7
Covilhã	63	0,8	5.211.759,2	0,7
Elvas	1	0,0	84.400,0	0,0
Évora	143	1,8	12.319.249,2	1,7
Faro	261	3,4	27.679.329,0	3,8
Leiria	7	0,1	723.714,0	0,1
Lisboa	3784	48,9	357.101.772,8	48,7
Madeira	31	0,4	2.684.772,9	0,4
Matosinhos	4	0,1	332.856,0	0,0
Mértola	4	0,1	108.880,0	0,0
Oeiras	62	0,8	7.765.088,8	1,1
Paredes	1	0,0	85.000,0	0,0
Porto	1387	17,9	130.143.893,9	17,8
Santa Maria da Feira	3	0,0	245.884,3	0,0
Santarém	2	0,0	125.451,0	0,0
Setúbal	9	0,1	732.640,0	0,1
Tomar	5	0,1	542.365,0	0,1
Viana do Castelo	1	0,0	142.471,0	0,0
Vila Nova de Famalicão	5	0,1	306.710,0	0,0
Vila Real	72	0,9	7.115.718,7	1,0
Viseu	4	0,1	484.146,7	0,1
Total	7742	100	732.567.224,3	100

análise feita ao nível do padrão de localização dos projetos segundo a instituição proponente. Deste modo, os territórios que concentram as maiores universidades do país (Lisboa, Porto, Coimbra) obtiveram 76,3% do financiamento total neste período em análise, justificado assim pela presença de unidades, infraestruturas e recursos humanos em atividades de I&D.

Com efeito, os projetos financiados pela FCT no âmbito dos concursos gerais, estão associados a concelhos fortemente ligados ao conhecimento, à ciência e à inovação, onde a presença de universidades, institutos politécnicos ou outras unidades de I&D e recursos humanos qualificados despoletam iniciativas, sinergias, atividades e os próprios projetos de investigação. Estes concelhos correspondem, na sua grande maioria, a áreas urbanas que reúnem um importante conjunto de infraestruturas físicas, tecnológicas e humanas que promovem a ciência, a inovação e o I&D.

Tendo em vista os objetivos pretendidos na presente análise, consideraram-se todos os projetos que envolveram a participação das universidades públicas do país. Para o efeito, agruparam-se todos os institutos e unidades de I&D que integram o ensino superior

público em onze unidades correspondentes às universidades públicas portuguesas. Para efeito de análise comparativa, considerou-se o número de projetos em que cada unidade participou, a forma de participação (como instituição proponente, unidade de investigação principal e instituição participante), os recursos humanos e o investimento (corresponde ao valor total dos projetos) (Tabela 1).

Ao nível da participação nos projetos de IC&DT financiados pela FCT, as universidades de Lisboa (Universidade de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa e Universidade Técnica de Lisboa) apresentaram uma maior participação (4020 participações<sup>1</sup>, correspondendo a 51,9%). Seguiram-se as Universidades do Porto (22,6%) e Coimbra (13,0%), mesmo com valores muito inferiores aos protagonizados pelas universidades da capital do país. Apresentando percentagens menos expressivas, surgem as participações da Universidade de Aveiro (10,3%), Universidade do Minho (9,8%) e Universidade do Algarve (5,4%). Por fim, as universidades de menor dimensão e mais afastadas dos principais centros urbanos e metropolitanos do país, contabilizam um menor número de participações (Universidade de Évora, 3,9%; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2,6%; Universidade

Universidades Públicas	Participação em projetos		Financiamento		Participantes		Instituição Proponente		Unidade de investigação principal		Instituição participante	
	Nº	%	Euros (€)	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Universidade de Aveiro	799	10,3	80.986.467,1	11,1	7470	12,2	507	6,5	546	7,1	261	4,1
Universidade dos Açores	90	1,2	10.483.824,9	1,4	992	1,6	36	0,5	49	0,6	50	0,8
Universidade do Algarve	417	5,4	45.296.058,9	6,2	3542	5,8	259	3,3	243	3,1	162	2,6
Universidade da Beira Interior	138	1,8	11.888.572,3	1,6	1229	2,0	63	0,8	59	0,8	76	1,2
Universidade de Coimbra	1006	13,0	96.647.379,5	13,2	8989	14,7	742	9,6	751	9,7	383	6,0
Universidade de Évora	304	3,9	29.705.179,5	4,1	3087	5,0	141	1,8	134	1,7	173	2,7
Universidades de Lisboa (UL, UNL, UTL)	4020	51,9	388.739.065,5	53,1	33847	55,2	3340	43,1	3360	43,4	2383	37,6
Universidade do Minho	758	9,8	71.269.960,1	9,7	6762	11,0	543	7,0	527	6,8	226	3,6
Universidade da Madeira	54	0,7	5.143.610,0	0,7	434	0,7	30	0,4	29	0,4	36	0,6
Universidade do Porto	1748	22,6	169.782.901,3	23,2	14446	23,6	1308	16,9	1289	16,6	812	12,8
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	198	2,6	22.380.390,2	3,1	2326	3,8	78	1,0	78	1,0	120	1,9

Tabela 1 | Projetos, financiamento, participantes e formas de participação das universidades públicas portuguesas em projetos FCT, entre 2000 e 2010  
 Fonte Fundação para a Ciência e Tecnologia – <http://www.fct.pt/>

da Beira Interior, 1,8%). Acentuando as questões de insularidade e afastamento aos principais centros de decisão, as Universidades dos Açores (1,2%) e da Madeira (0,7%) registaram valores muito modestos na participação nos projetos de investigação apoiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

### 2.2 Redes de colaboração e conhecimento científico: análise de redes sociais e dinâmicas espaciais nos projetos FCT

Reconhecendo que os projetos de investigação científica e desenvolvimento tecnológico (IC&DT) financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia fomentam parcerias entre universidades, laboratórios, unidades de investigação e empresas nacionais e internacionais, recorreu-se à metodologia de análise de redes sociais (baseada na *teoria dos grafos*) para compreender e caraterizar as redes do conhecimento científico das universidades públicas portuguesas. Esta metodologia estuda padrões de relacionamento entre pessoas, organizações, empresas e territórios, entre outros ativos, mapeando as redes de relacionamento com base no fluxo de informação (Barnes, 1972). Trata-se de uma ferramenta que permite compreender as

ligações entre os atores ou grupos intervenientes e as implicações dessas ligações para a estrutura e dinâmica da rede.

As redes do conhecimento justificam que a circulação do conhecimento pressupõe que a sua produção e o seu uso é realizado em rede: “um conjunto de nós – que podem representar elementos do conhecimento, repositórios e/ou agentes que procuram, criam e transmitem conhecimento – que estão interconectados por relações que promovem ou constroem a aquisição, transferência e criação de conhecimento” (Phelps *et al*, 2012).

A aplicação desta metodologia ao presente estudo permitiu representar e analisar a rede de colaboração científica de cada uma das universidades públicas portuguesas no âmbito dos projetos apoiados pela FCT para o período 2000-2010. Numa análise às redes de colaboração das universidades observamos que as instituições que participaram num maior número de projetos são aquelas que naturalmente apresentam uma rede de colaboração científica mais alargada. Deste modo, nos dez anos em estudo, as universidades de Lisboa (UL, UNL e UTL) estabeleceram relações de cooperação científica com 1312 unidades diferentes, sendo a grande maioria

correspondente a instituições e unidades de investigação do ensino superior (553 instituições, correspondendo a 42,1%), à semelhança do verificado para as restantes universidades, onde esta categoria assume o maior protagonismo nas redes de colaboração científica. Apresentando valores igualmente expressivos, surgem as relações com as instituições e unidades de I&D internacionais (372 unidades, correspondendo a 28,4%), evidenciando uma grande importância da colaboração científica internacional. Esta centralidade destacada é compartilhada pelas restantes universidades, uma vez que esta é a segunda categoria com um maior número de unidades nas redes, à exceção da rede de colaboração da Universidade dos Açores (UAçores) e da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Ainda no que concerne ao peso da colaboração internacional na estrutura das redes das universidades, seguindo-se às universidades de Lisboa, são as universidades do Porto e da Madeira que apresentam as maiores percentagens de colaboração internacional (23,6% e 21,1%, correspondendo a 164 e 19 unidades presentes em cada uma das redes). As instituições públicas assumem um peso considerável, contudo de forma mais pronunciada nas redes de colaboração das universidades dos Açores (19,5%), de Coimbra (13,7%) e de Évora (12,7%).

Considerando as colaborações com o tecido empresarial, estas são mais evidentes e expressivas nas redes de colaboração das universidades de Lisboa (10,0%, 131 empresas), Universidade de Coimbra (8,1%, 43 empresas) e Universidade do Porto (7,5%, 52 empresas). As colaborações das unidades de ensino superior com as empresas indiciam a complementaridade de valências necessárias à prossecução de um projeto, por exemplo ao nível da investigação industrial, desenvolvimento experimental e processos de inovação em diferentes dimensões. Desta forma, as referidas interações são encaradas também como oportunidades para as empresas atualizarem e aperfeiçoarem a sua base de conhecimento e para as universidades e centros de I&D reforçarem a sua ligação ao tecido empresarial.

Em termos globais, a rede de colaboração das universidades de Lisboa (Universidade de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa e Universidade Técnica de Lisboa) integra um maior número de nós (1312 instituições), seguindo-se as universidades do Porto (694 nós), de Coimbra (533 nós) e de Aveiro e Minho (398 nós), demonstrando que são as unidades que estabelecem mais parcerias com outras instituições no período em análise (Figura 2).

Para além da identificação dos diferentes “nós” e eixos de ligação entre atores do conhecimento, a metodologia de análise de redes sociais valoriza medidas que procuram caracterizar a estrutura da rede

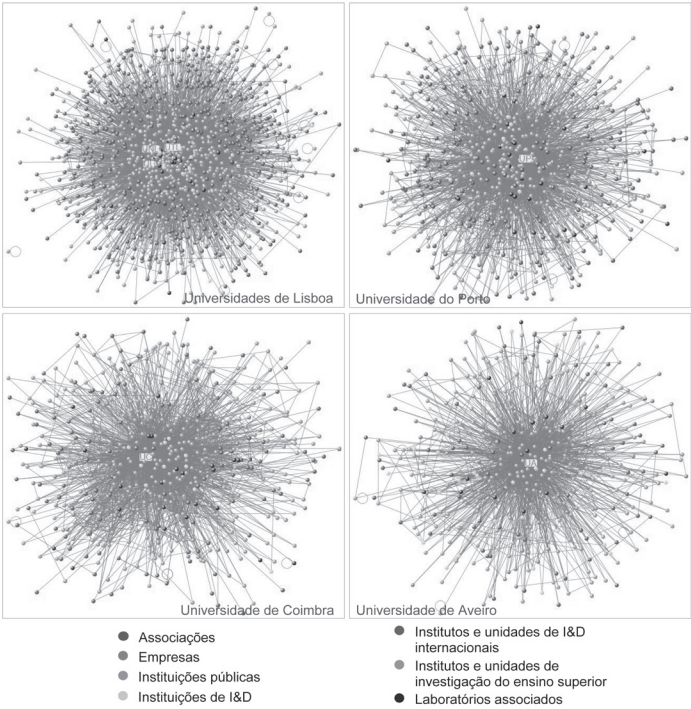


Figura 2 | Redes de colaboração em projetos FCT das universidades portuguesas com um maior número de ligações/relações, entre 2000 e 2010

e as relações entre os diferentes elementos (Tabela 2). De acordo com a classificação de Baur (2009), as medidas podem ser agrupadas ao nível da rede, dos elementos e dos grupos. A leitura das redes de conhecimento e I&D das diferentes universidades portuguesas (centradas nos projetos financiados pela FCT) dá-nos interessantes indicações, não só ao nível da estrutura das redes, mas também ao nível do comportamento dos diversos atores que integram e constituem as redes. De um modo global, pode-se afirmar que o número de relações/ligações irá depender do número de nós/instituições presentes em cada uma das redes. As redes de conhecimento que apresentam uma maior densidade, expressa ao nível do número de relações/ligações, correspondem às redes das universidades de Lisboa e do Porto, ainda que com valores muito díspares entre si (14363 e 6548 ligações com as 1312 e 694 instituições presentes em cada rede, respetivamente).

Ao nível da análise da rede são aplicadas medidas para analisar a estrutura global da rede, exemplos da distância geodésica, o número médio de graus de separação e a densidade. A distância geodésica entre dois vértices é o número de arestas que os ligam pelo caminho



Universidades	Medidas de análise								
	Nº de nós	Nº de linhas/re lações	Distância geodésica máxima	Número médio de graus de separação	Densidade	Grau médio	Proximidade média	Intermediação média	Coefficiente médio de clusterização
UA	398	3415	4	2,04	0,02	8,17	0,001	208,18	0,82
UAçores	123	618	4	2,18	0,06	7,45	0,004	73,24	0,84
UAlg	246	1710	4	2,11	0,03	7,72	0,002	135,90	0,79
UBI	155	743	4	2,01	0,04	6,68	0,003	78,47	0,84
UC	533	3974	4	2,54	0,02	8,74	0,003	402,26	0,77
UE	276	1888	4	2,01	0,03	8,16	0,002	140,41	0,81
UL, UNL, UTL	1312	14362	6	2,75	0,01	10,51	0,000	1143,98	0,76
UM	398	3106	4	2,01	0,02	8,45	0,001	201,06	0,81
UMa	90	351	3	2,00	0,07	6,44	0,006	45,36	0,85
UP	694	6548	5	2,72	0,01	9,39	0,007	576,48	0,76
UTAD	185	1171	3	1,96	0,04	7,56	0,003	89,05	0,83

Tabela 2 | Medidas de análise das redes de colaboração em projetos FCT das universidades portuguesas

mais curto, ou seja, pelo caminho constituído pelo menor número de nós. A distância geodésica máxima corresponde à distância mais longa de um nó a outro, sendo que para as redes em análise varia entre 6 (universidades de Lisboa) e 3 (Universidade da Madeira e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro).

O número médio de graus de separação, ou seja, o número médio de nós que separa cada instituição de uma outra, assume valores mais baixos no caso das redes da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e Universidade da Madeira (1,96 e 2,0), isto porque se trata de redes mais pequenas, onde a proximidade entre as instituições assume maior evidência. Por outro lado, nas redes das universidades que apresentam um maior dinamismo e atividade (Lisboa, Porto e Coimbra), o número médio de graus de separação é manifestamente superior (2,75, 2,72 e 2,54, respetivamente).

A densidade de um grafo corresponde ao quociente entre o número de ligações existentes pelo número de ligações possíveis numa determinada rede, indicando o grau de conexão dos vértices ou nós na rede. Varia entre um mínimo de 0, quando o grafo não possui

nenhuma aresta/arco, e um máximo de 1, quando o grafo é completo e possui arestas ligando todos os vértices. Esta relação reflete a potencialidade da rede em termos de fluxo de informações, ou seja, quanto maior a densidade mais intensa é a troca de informações na referida rede e vice-versa. No caso das redes de colaboração científica das universidades portuguesas, as Universidades da Madeira e dos Açores são as que apresentam maiores valores de densidade (0,07 e 0,06), na medida em que correspondem a redes com um menor número de instituições e a um maior número de nós conectados de forma direta a outros nós.

Na análise ao nível dos elementos são valorizadas as medidas de centralidade, que determinam a importância relativa de um vértice no grafo: centralidade de grau (*Degree Centrality*), centralidade de proximidade (*Closeness Centrality*) e centralidade de intermediação (*Betweenness Centrality*) (Freeman, 1979).

O grau médio (*Degree Centrality*) corresponde ao número médio de nós (instituições) aos quais cada nó da rede se encontra ligado. No caso das redes das universidades de Lisboa, Porto e Coimbra cada

instituição encontra-se em média ligada a 10,51, 9,39 e 8,74 instituições diferentes, respetivamente, revelando um comportamento que indicia a presença de muitos atores (instituições intervenientes) com elevados níveis de atividade na rede. Por outro lado, as redes das universidades da Madeira, Beira Interior e Açores apresentam menores valores nesta medida de centralidade, sendo que em média cada instituição se encontra ligada a 6,44, 6,68 e 7,45 instituições diferentes.

A *proximidade (Closeness Centrality)* é uma medida que assenta na distância geodésica, ou seja, no comprimento do caminho mais curto que liga dois atores (Lemieux, 2004). Na análise de redes sociais, esta medida é maioritariamente utilizada para calcular o quão rápido um ator consegue chegar a qualquer outro na rede, traduzindo a proximidade de cada instituição a todas as outras com as quais estabelece relação/ligação. A proximidade média apresenta para as redes de colaboração em análise valores muito baixos, em virtude de estarmos perante redes com muitas instituições envolvidas. No caso das universidades de Lisboa, Minho e Aveiro, os valores médios de proximidade são de 0,000, 0,001 e 0,001, respetivamente. Nas universidades da Madeira e Açores, por serem redes com menos ligações, os valores são de 0,06 e 0,04.

A *intermediação* é outra medida de centralidade que permite medir o grau de extensão na qual um nó se encontra situado entre os outros nós da rede, sendo importante para aferir o prestígio das instituições e a sua capacidade para aceder e controlar o fluxo de informação pela posição intermediária que ocupam. Segundo Lemieux (2004), quanto mais um ator se encontrar numa posição intermediária, ou seja, quanto mais se encontrar numa situação em que os atores têm de passar por ele para chegar aos outros atores, maior capacidade de controlo terá sobre a circulação da informação entre esses atores. Nas redes de colaboração científica das universidades, os valores médios são elevados no caso das redes de Lisboa, Porto e Coimbra (1143,98, 576,48 e 402,26). As restantes universidades apresentam valores inferiores, justificando que quanto maior for a rede, maior será a importância dos atores intermédios no processo de circulação e difusão da informação e do conhecimento.

Ao nível da análise dos grupos, foi destacado o coeficiente de *clusterização* que quantifica quão conectado está um determinado vértice com os seus vizinhos, sendo que os valores variam entre 0 e 1 (Hansen, 2011). Se um determinado grafo representa uma rede social cujas relações entre os indivíduos sejam de amizade, é de esperar um coeficiente de *clusterização* alto, uma vez que é provável que os amigos de um determinado indivíduo sejam amigos entre si. No caso das redes de colaboração em análise, são as universidades da

Madeira, da Beira Interior e dos Açores que apresentam coeficientes de *clusterização* mais elevados (0,85, 0,84 e 0,84). Por outro lado, as redes de Lisboa e do Porto apresentam valores inferiores (0,76) em virtude de apresentarem muitas instituições, sendo mais difícil observar-se uma elevada conectividade entre os nós.

Um último aspeto que deve ter sido em consideração diz respeito à identificação das relações espaciais das redes de conhecimento científico das universidades em Portugal nos projetos apoiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Com o objetivo de facilitar a leitura, uma vez que o período 2000-2010 integra um grande número de instituições e de relações entre elas, optou-se por representar apenas as relações de cooperação científica identificadas no ano de 2010 em algumas universidades portuguesas (Figura 3). Neste contexto apresentam-se as ligações/relações de três universidades com níveis de atividade diferenciados (Lisboa, Coimbra e Algarve).

No que concerne às universidades com maior dinamismo no período considerando, as universidades de Lisboa (UL, UNL e UTL) estiveram envolvidas num maior número de projetos de investigação, facto que se torna visível no número de interações/colaborações com unidades diferentes (tanto a nível nacional como internacional). A análise evidencia que a maior parte das relações a nível internacional envolvem instituições do continente europeu, de onde se destacam países como Espanha, Inglaterra, Holanda, Finlândia, França, Itália, Polónia, entre outros. Ao nível do continente americano são visíveis inúmeras ligações fundamentalmente a países como Brasil, Estados Unidos da América, Canadá e Argentina. Paralelamente, devemos evidenciar as ligações ao continente africano (Angola, Moçambique, África do Sul) e à Austrália, por exemplo, com os casos das ligações às universidades de Queensland, Wollongong e Tasmania.

A uma escala nacional, o grupo de universidades de Lisboa apresenta uma elevada densidade de relações no contexto local (onde são evidentes as relações com institutos de I&D, laboratórios associados, instituições públicas e associações localizadas em Lisboa), mas também são bastante evidentes as relações com os outros polos universitários do país, tal como vimos na análise estrutural das redes. Com efeito, detetam-se as relações com as outras unidades/centros de investigação do país, numa intensidade superior ao nível da faixa litoral do país, evidenciando-se as ligações com os territórios que reúnem um maior número de infraestruturas de conhecimento, bem como equipamentos e recursos humanos vocacionados para as áreas científicas em análise (Porto, Coimbra, Aveiro).

Relativamente à rede de colaboração científica de Coimbra a maior parte das relações envolvem instituições do continente

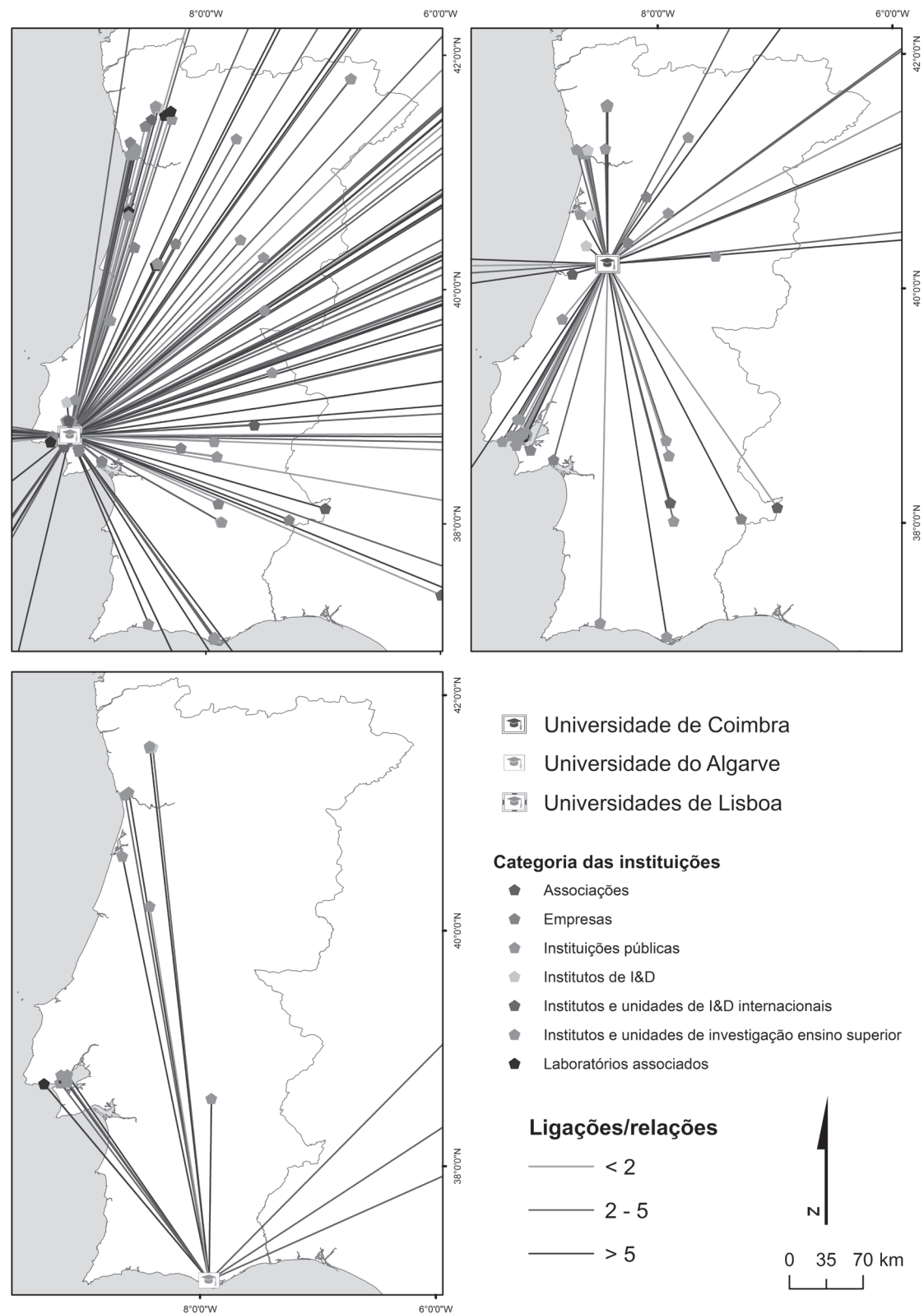


Figura 3 | Redes de colaboração em projetos FCT das universidades portuguesas com um maior número de ligações/relações, entre 2000 e 2010



Europeu, de onde se destacam países como Espanha, Reino Unido, França e Alemanha, por apresentarem um maior número de unidades na rede. Ao nível do continente americano, realça-se a importância dos Estados Unidos da América e do Brasil, no contributo para a rede de conhecimento científico de Coimbra. A nível nacional sobressaem as ligações a territórios metropolitanos, que apresentam uma maior densidade de infraestruturas do conhecimento alavancadas ao ensino superior (Porto, Lisboa, Aveiro, Braga), mas também a territórios de proximidade no contexto regional (exemplos Cantanhede, Mortágua e Figueira da Foz), numa clara articulação com o tecido empresarial local/regional (Barros *et al*, 2014).

Num último momento, destaca-se uma rede caracterizada por uma menor densidade de relações quando comparada com as restantes. Com efeito, a rede de colaboração científica da Universidade do Algarve apresenta no ano de 2010 ligações fundamentalmente a nível nacional, já que a nível internacional apenas se identificam ligações com Espanha e Holanda. Deste modo, as principais relações desenvolvem-se com os territórios onde se localizam as principais universidades públicas do país (Lisboa, Porto, Coimbra, Aveiro, Braga e Évora), deixando antever um menor dinamismo ao nível da colaboração científica e institucional.

### 3. Notas Finais

A leitura das redes de colaboração científica constitui um excelente indicador para o delinear das políticas públicas, no sentido de reconhecer importância às redes existentes e fomentar o aparecimento de novas redes. Estas deverão ser vistas como mais-valias para a produção e difusão do conhecimento científico, capazes de promover processos de inovação determinantes para o desenvolvimento e aumento da capacidade competitiva dos territórios.

As colaborações e parcerias entre universidades, institutos de I&D, laboratórios, empresas e instituições públicas têm vindo a aumentar ao longo dos últimos anos. As universidades portuguesas, através das suas unidades de ensino superior, investigação e inovação, têm contribuído para o alargamento da rede de conhecimento científico, com reflexos visíveis no aproveitamento económico desse conhecimento e inovação e no próprio desenvolvimento dos territórios.

Numa perspetiva territorializada, as universidades portuguesas têm vindo a intensificar as suas relações com outros territórios (a diferentes escalas), mas que na sua maioria correspondem a áreas urbanas e com um conjunto de infraestruturas importantes relacionadas com o ensino superior, conhecimento e inovação.

A análise realizada permitiu identificar vários níveis de atividade das universidades públicas portuguesas no estabelecimento de parcerias e colaboração científica nos projetos de IC&DT financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). As maiores universidades do país, por englobarem um maior número de infraestruturas, unidades de I&D e recursos humanos qualificados, são responsáveis pela maior parte dos projetos apoiados pela FCT. De facto, o desenvolvimento dos projetos de investigação estão associados, de grosso modo, a territórios fortemente ligados ao conhecimento, à ciência e à inovação, onde a presença de universidades, institutos politécnicos ou outras unidades de I&D e recursos humanos qualificados, despoletam iniciativas, sinergias, atividades e os próprios projetos de investigação.

Ao nível do estabelecimento de redes com outros atores no quadro da investigação científica, verifica-se que são as maiores universidades do país (com mais recursos e financiamento), que acabam por estabelecer maiores níveis de colaboração científica e integrar redes alargadas com muitas interações entre as instituições.

Importa também destacar a crescente importância das parcerias com instituições e unidades de investigação internacionais. Ao longo do período em análise todas as universidades públicas portuguesas estabeleceram ligações com unidades internacionais, que na maior parte dos casos correspondem a instituições de ensino superior e institutos de I&D, mas também no quadro empresarial e industrial, embora com menor intensidade. A internacionalização das universidades portuguesas é também estimulada através de alianças estratégicas com unidades de relevância, como o Massachusetts Institute of Technology (MIT), Harvard University, Carnegie Mellon University (CMU), University of Texas at Austin (UT Austin) e Fraunhofer na Alemanha, entre outras.

Uma leitura ao nível da evolução no número de parcerias e colaborações no período considerado (2000-2010), deixa antever um fortalecimento nas relações, assente na diversidade de atores (institucional e espacial) que contribuem para o alargamento das redes ao longo dos anos. No entanto, no quadro da atual conjuntura económica do país, a progressiva diminuição nos valores de financiamento e a excessiva concentração das fontes de apoio num reduzido número de atores, poderá condicionar a diversidade da investigação apoiada e limitar o número de intervenientes que contribuem para alavancar o sistema de investigação e inovação nacional.

\_Nota: Originalmente as imagens foram produzidas a cores.

<sup>1</sup> Em termos metodológicos, e salvaguardando a não exclusão de todas as unidades participantes, contabilizou-se o número de participações de cada unidade, mesmo que as mesmas se repitam num mesmo projeto.

#### 4. Referências

- Barnes, J. A. (1972) Social networks, Addison-Wesley Module in Anthropology, 26, 1-29.
- Barros, C., Gama, R. e Fernandes, R. (2014) Investigação e Inovação na Universidade de Coimbra. As redes de colaboração científica nos projetos de IC&DT da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Atas do VIII Colóquio de Geografia de Coimbra, Departamento de Geografia e CEGOT (27 e 28 de Março de 2014), Coimbra.
- Baur, M., U. Brandes, J. Lerner and D. Wagner (2009) Group-level analysis and visualization of social networks, Algorithmics of Large and Complex Networks, 330-358.
- Fernandes, R. (2008) Cidades e Regiões do Conhecimento: Do digital ao inteligente - Estratégias de desenvolvimento territorial, FLUC - Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Freeman, L. C., Roeder, D., Mulholland, R. R. (1979) Centrality in Social Networks: II. Experimental Results, Social Networks, 2, 119-141.
- Gama, R., Fernandes, R. e Barros, C. (2013) Redes de I&D da Universidade de Coimbra: análise dos projetos de IC&DT financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Atas do IX Congresso da Geografia Portuguesa, APG, Universidade de Évora (28 a 30 de Novembro de 2013), Évora, 241-246.
- Hansen, D., Shneiderman, B., Smith, M. (2011) Analyzing Social Media Networks with NodeXL, Elsevier, USA.
- Lemieux, V. e Ouimet, M. (2004) Análise Estrutural das Redes Sociais. Epistemologia e Sociedade, Instituto Piaget, Lisboa.
- Phelps, C., Heidl, R., Wadhwa, A. (2012) Knowledge, Networks, and Knowledge Networks. A review and Research Agenda, Journal of Management, 38(4), 1115-1166.
- Direção Geral de Estatísticas de Educação e Ciência - <http://www.dgeec.mec.pt/>
- Fundação para a Ciência e Tecnologia - <http://www.fct.pt/>